

(0156: ENVIRONMENT FRIENDLY GROUND HANDLING OPERATIONS)

Memòria del Treball Fi de Grau
Gestió Aeronàutica
realitzat per
Roger Chavarria Llasat
i dirigit per
Liana Napalkova
Sabadell, a 10 de Juliol de 2014.

Professor[/a] de l'Escola d'Enginyeria de la UAB,

CERTIFICA:

Que el treball al que correspon la present memòria
ha estat realitzat sota la seva direcció per

Roger Chavarria Llasat

I per a que consti firma la present.
Sabadell, ***Juliol*** de ***2014***



Signat: ***Liana Napalkova***

FULL DE RESUM – TREBALL FI DE GRAU DE L'ESCOLA D'ENGINYERIA

Títol del projecte: Environment friendly ground handling operations	
Autor: Roger Chavarria Llasat	Data: 10 de Juliol de 2014
Tutora: Liana Napalkova	
Titulació: Gestió Aeronàutica	
Paraules clau: Ground handling, operadors, externalitats, software, turnaround	
Palabras clave: Ground handling, operadores, externalidades, software, turnaround	
Key words: Ground handling, operators, externalities, software, turnaround	
Resum: El present treball es centra en donar a conèixer una iniciativa creixent en el sector de les activitats de suport en pista a les aeronaus, l'anomenat <i>environment friendly ground handling</i> , que té l'objectiu de reduir les externalitats lligades al treball dels operadors d'aquest sector. És tracta d'un projecte principalment de caire teòric, ja que volem proporcionar tota la informació que envolta aquestes bones pràctiques i les eines relacionades. No obstant, hem volgut fer una aportació pràctica, establint les bases conceptuals d'una eina de software que pretén optimitzar els recursos de les companyies i eliminar les emissions nocives durant el <i>turnaround</i> .	
Resumen: El presente trabajo se centra en dar a conocer una iniciativa creciente en el sector de las actividades de apoyo en pista a las aeronaves, el llamado <i>environment friendly ground handling operations</i> , que tiene el objetivo de reducir las externalidades derivadas del trabajo de los operadores del sector. Se trata de un proyecto principalmente de carácter teórico, ya que queremos proporcionar toda la información que rodea estas buenas prácticas y las herramientas relacionadas. Sin embargo, hemos querido hacer una aportación práctica, estableciendo las bases conceptuales de una herramienta de software que pretende optimizar los recursos de las compañías y eliminar las emisiones nocivas durante el <i>turnaround</i> .	

Abstract:

This thesis focuses on the analysis of environment friendly ground handling, which is becoming an increasingly important trend in the sector of airport operations. The environment friendly ground handling is aimed at reducing harmful effects of turnaround operations. The project is mainly theoretical, as we analyze different aspects of this trend, including the legislation, key performance indicators, practices and related tools. The practical value of the thesis is the development of conceptual framework of a software tool that can be used to optimize ground handling resources and reduce harmful emissions during the turnaround process.

ÍNDEX

Acrònims i abreviatures.....	7
Índex de figures.....	8
Índex de taules.....	9
1.Introducció.....	10
1.1 Motivació.....	10
1.2 Objectius i tasques del treball.....	10
1.3 Novetat.....	11
1.4 Valor pràctic	11
1.5 Metodologia.....	11
1.6 Estructura del treball.....	12
2. <i>Environment friendly ground handling operations</i>.....	13
2.1 Impacte de la indústria de l'aviació sobre el medi ambient.....	13
2.2 El concepte de la <i>sustainable aviation</i>	15
2.3 El rol del <i>environment friendly ground handling</i> dins de l'aviació sostenible.....	17
2.4 Objectius i tasques de l' <i>environment friendly ground handling</i>	19
2.5 Creació del concepte i evolució.....	22
3. Normatives regulatòries de la contaminació aeroportuària.....	24
3.1 Normatives regulatòries a nivell mundial.....	24
3.2 Normatives regulatòries a nivell europeu.....	28
3.3 Normatives regulatòries a nivell nacional.....	34
3.4 Resum de les obligacions i conclusions.....	38
3.5 <i>Key environmental performance indicators</i>	40
4. Situació actual de les operacions sostenibles en pista.....	45
4.1 Eines actuals al mercat per potenciar aquestes operacions.....	45
4.2 Importància de les eines dins del sector del <i>ground handling</i>	53

5. Abast de les operacions <i>environment friendly ground handling</i>	58
5.1 Reducció de l'impacte mediambiental	58
5.2 Relació con la reducció de costes	67
6. El futur del sector del <i>ground handling</i>	71
7. Desenvolupament teòric d'una eina de suport per a les activitats dels operadors de <i>ground handling</i>	75
8. Conclusions	93
9. Referències bibliogràfiques	94
10. Annexos	96

ACRÒNIMS I ABREVIATURES

ACARE	Advisory Council for Aeronautics Research in Europe
A-CDM	Airport collaborative decisión making
ACI	Airports Council International
ACU	Aircraft cooling unit
AENA	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
AHU	Air handling unit
AIP	Aeronautical Information Publication
APU	Auxiliar Power Unit
ATC	Air traffic control
ATF	Aviation Turbine Fuel
ATM	Air traffic manageer
BOD	Biochemical oxygen demand
CAEP	Committee on Aviation Environmental Protection
CO	Òxid de carboni
CO2	Diòxid de carboni
COVDM	Compostos orgànics volàtils diferents del metà.
EPA	Environment Protection Agency
FAA	Federal Aviation Administration
FEGP	Fixed electrical ground power
GHG	Green house gas
GSE	Ground support equipment
ICAO	International Civil Aviation Organization
NH3	Amoníac
NO _x	Òxids de Nitrogen
PCA	Pre-Conditioned Air
PM	Partícules en suspensió
SARPs	Standards and Recommended Practices
SICA	Sistema d'informació de contaminació acústica
SO ₂	Diòxid de sofre

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 2.1 <i>Demand forecasting</i> del transport aeri.....	14
Figura 2.2 Previsió del sector del sector de l'aviació al llarg de 30anys.....	16
Figura 2.3 Distribució de les emissions nocives al aeroport de Zurich.....	18
Figura 3.1 Compliment dels sostres límits d'emissions entre els estats membres participants al programa CAFE.....	31
Figura 3.2 Distància l'any 2011 sobre els sostres d'emissions de NO _x marcats i les projeccions per al 2012.....	32
Figura 3.3 Fórmula del nivell dia-tarde-nit (L _{den}).....	41
Figura 3.4 Distribució de les terminals de càlcul d'emissions al Aeroport de Barcelona.....	42
Figura 4.1 Esquema d'un sistema PCA convencional.....	47
Figura 4.2 Representació de la situació al 2011 de l'extensió de l'A-CDM a través del territori europeu.....	57
Figura 7.1 Interfície d'usuari del menú principal del software.....	76
Figura 7.2 Esquema conceptual de la informació processada pel software.....	78
Figura 7.3 Interfície d'usuari per a afegir un nou element de la maquinària.....	84
Figura 7.4 Interfície d'usuari per a consultar la llista de maquinària.....	84
Figura 7.5 Interfície d'usuari de la programació de les operacions ja optimitzada...	89
Figura 7.6 Interfície d'usuari del detall de cada canvi efectuat.....	89
Figura 7.7 Interfície d'usuari on es mostra l'estadística d'emissions del GPU amb número de sèrie ABDC123456789 al llarg del mes de Juny.....	91
Figura 7.8 Interfície d'usuari on es mostra l'historial d'emissions totals de NO _x estalviades al llarg del mes de l'any 2014.....	91

ÍNDEX DE TAULES

Taula 3.1 Resum de les regulacions aeroportuàries.....	38
Taula 4.1 Tipus de vehicles GSE.....	50
Taula 5.1 Dades relatives al consum i les emissions de les unitats APU.....	59
Taula 5.2 Dades relatives al consum i les emissions de les unitats GPU.....	59
Taula 5.3 Dades relatives al consum i les emissions de les unitats FEGP.....	60
Taula 5.4 Dades relatives al consum i les emissions de la maquinària PCA.....	61
Taula 5.5 Perjudici dels components nocius dels <i>de-icing fluids</i> sobre les aigües corrents.....	63
Taula 5.6 Emissions de CO ₂ derivades dels processos d'obtenció de diferents substàncies anticongelants.....	63
Taula 5.7 Dades relatives al consum de carburant i les emissions de CO ₂ dels vehicles GSE convencionals.....	64
Taula 5.8 Dades relatives al consum de carburant i les emissions de CO ₂ dels vehicles GSE elèctrics.....	65
Taula 5.9 Despeses de consum del model de <i>ground handling</i> convencional.....	67
Taula 5.10 Despeses de consum del model <i>environment friendly ground handling</i>	68
Taula 5.11 Comparativa maquinària d'energia auxiliar a l'aeronau i sistemes PCA.....	69
Taula 5.12 Comparativa vehicles GSE.....	69
Taula 7.1 Dades relatives a les emissions nocives per al exemple pràctic del funcionament del software.....	82
Taula 7.2 Programació de les operacions del dia de la companyia de <i>handling</i>	84

1. Introducció

En aquesta primera secció, coneixerem de forma introductòria els factors que ens han portat a centrar el projecte en un tema com aquest. A més a més, volem donar a conèixer quins són els objectius que ens hem marcat i el valor pràctic aportat, així com la forma en la que hem estructurat el treball i la metodologia utilitzada.

1.1 Motivació

Vivim en una era on la pol·lució representa un tema candent per a la societat, fet que provoca que en tots els sectors es busquen alternatives ecològiques que permetin frenar el ritme de contaminació global. En el sector de l'aviació, el problema és més preocupant, ja que les previsions de creixement auguren que d'aquí a 35 anys el tràfic aeri s'haurà triplicat. Es per aquest motiu, que el sector viu un moment en el qual s'estan creant programes a favor de la aviació sostenible amb molta freqüència. Entre aquests programes, apareix la conscienciació per millorar la qualitat de l'espai aeroportuari i proporcionar als usuaris una experiència més neta. Un dels responsables d'aquesta contaminació dins dels aeroports és l'activitat vinculada a donar suport a les aeronaus mentre estan a terra. Lligat a aquest problema concret, neix el concepte de l'*environment friendly ground handling*, que es basa en reduir al mínim totes les externalitats derivades de les operacions realitzades a les pistes. Per tant, la motivació que ens ha portat a realitzar aquest projecte, és la de donar a conèixer un terme tant actual en el sector com aquest, que pretén expandir-se entre totes les companyies del *ground handling* i ser present a tots els aeroports del món en la pròxima dècada.

1.2 Objectius i tasques del treball

Un cop hem deixat clar el motiu que ens han portat a centrar el projecte en aquest tema, és necessari que marquem els objectius que perseguim. El que ens proposem duent a terme aquest treball, ho podem resumir en els següents punts:

- (1). Donar a conèixer les pràctiques de l'*Environment friendly ground handling operations* i analitzar els orígens legals que han propiciat la seva aparició.

(2). Estudiar totes les eines existents actualment, així com la seva influència en les activitats diàries dels operadors adherits a aquesta proposta mediambiental.

(3). Crear els fonaments teòrics d'una eina de software capaç de donar suport a companyies de *handling* optimitzant els seus recursos de treball.

1.3 Novetat

La novetat d'aquesta tesis, resideix principalment en el disseny conceptual del programa informàtic de suport a les companyies de *ground handling* que es centra en optimitzar els seus recursos i esforços sota el criteri la contaminació. Actualment en el mercat hi trobem softwares que permeten minimitzar els costos i el temps, no obstant el que plantegem nosaltres es basa en minimitzar els efectes perjudicials que aquestes operacions tenen sobre el medi ambient i els usuaris.

1.4 Valor pràctic

El valor pràctic del projecte es pot considerar relativament baix, ja que l'objectiu principal ha estat el de recerca i anàlisi de tota la informació que envolta aquest tema per tal de poder fer entendre l'abast d'aquestes bones pràctiques, que jugaran un paper clau en el futur del sector aeroportuari. Però, també hem de valorar el significat pràctic d'aquest exhaustiu estudi que hem dut a terme, així com la importància del programa que hem ideat en el capítol 7, que validat degudament, pot proporcionar als operadors un estalvi econòmic i el compliment amb les regulacions fixades.

1.5 Metodologia

Per a dur a terme el treball, hem hagut de realitzar una cerca molt exhaustiva de la informació tractada, ja que al tractar-se d'un terme tant nou és complicat obtenir fonts fiables i de rigor. Especialment en el capítol 3, s'ha elaborat un estudi molt profund de la legislació lligada a les practiques dels operadors de *ground handling*. Per a la resta de capítols, hem intentar mostrar exemples pràctics, basats amb dades reals obtingudes de diversos casos d'estudi, per tal de proporcionar un complement pràctic ideal a tota la matèria teòrica que es va desenvolupant.

1.6 Estructura del treball

Pel que fa a l'estructura del projecte, la resta d'informació està organitzada de la següent manera:

Capítol 2: En aquest apartat, podrem trobar tota la informació relativa al significat d'aquest concepte i el paper que té dins del sector de l'aviació

Capítol 3: Es durà a terme un anàlisi profund del marc legal aeronàutic que ha estat un dels factors que han propiciat l'aparició d'aquestes pràctiques.

Capítol 4: Definirem les bases del funcionament de les eines sostenibles que trobem actualment al mercat i quin nivell de desenvolupament tenen.

Capítol 5: Analitzarem quin és l'abast d'aquestes eines, valorant els beneficis que poden aportar als operadors que les utilitzen

Capítol 6: Aquesta secció està dedicada exclusivament a explicar les bases teòriques del software de suport a les companyies de pista que hem dissenyat.

Capítol 7: Extraurem les conclusions i resultats de tot el treball.

2. “Environment Friendly ground handling operations”

En l'apartat introductori del projecte, hem pogut observar a grans trets en que consisteix aquest nou concepte del sector de l'aviació. Aquesta secció, està dedicada a donar una visió molt més profunda de les operacions de pista respectuoses amb el medi ambient, per tal de poder entendre la importància que tenen aquestes bones pràctiques actualment en el camp del *ground handling* i comprendre quin paper juguen en el procés de transició d'aquesta indústria cap a un model més sostenible. Per començar, i a forma d'introducció, parlarem sobre el problema creixent de la contaminació global provocada per l'activitat aeronàutica.

2.1 Impacte de la indústria de l'aviació sobre el medi ambient.

El sector de l'aviació és un dels que més ha crescut des de la seva creació i en els pròxims anys no es preveu que ho deixi de fer. Aquesta indústria representa actualment un 8% del PIB mundial, fet que ens fa entendre la magnitud d'aquest mitjà de transport. Amb tal ritme de creixement, els nivells d'emissió de gasos nocius a l'atmosfera està augmentant alarmantment amb el pas del temps. La dada que ho confirma, és el creixement històric de les emissions, que des de l'any 1990 han augmentat un 83%.

La majoria d'aquest gasos es produeixen a gran altitud, provocant el conegut efecte hivernacle i d'aquesta manera contribuint potencialment al canvi climàtic, que provoca un increment anual de les temperatures de la terra i per consegüent del nivell de l'altura del mar, així com l'augment de la freqüència i de la intensitat dels fenòmens meteorològics extrems.

No obstant, no solament s'emeten gasos a grans altures, ja que la contaminació dins de les infraestructures aeroportuàries augmenta la dimensió del problema. A més de diòxid de carboni, de l'activitat aeronàutica se'n desprenen òxids de nitrogen, que tenen conseqüències altament perjudicials per a les persones en exposicions tant a

curt com a llarg termini, ja que poden provocar malalties respiratòries i cerebrovasculars cròniques. D'altra banda, també s'emeten de forma més discreta altres substàncies nocives per a la qualitat del aire, com ara vapor d'aigua i sotge. Però, la qüestió més greu en aquest sentit són les conseqüències de les emissions NO_x durant els cicles de vol LTO. Aquests cicles, consideren únicament les fases de vol compreses entre la superfície i els 3000 peus d'altitud (1.000 metres aproximadament), i el creixement de les emissions que se'n deriven és un fet que actualment genera gran preocupació a la comunitat aeronàutica. Aquesta preocupació, es deguda a l'alta toxicitat d'aquest component lligada al desenvolupament residencial als voltants dels aeroports.

Tot això, fa que el sector de l'aviació representi un 2% sobre el total d'emissions nocives a l'atmosfera generades per l'home i un 3% de contribució a l'escalfament global. Donar solució al problema és molt més complicat del que sembla, ja que es treballa a contracorrent per reduir les emissions, degut a que el volum d'aquestes es veu augmentat cada any a causa del increment de la demanda d'aquest transport. Això fa que la resposta passi per crear solucions capaces de reduir les emissions tenint en compte el creixement del tràfic aeri.

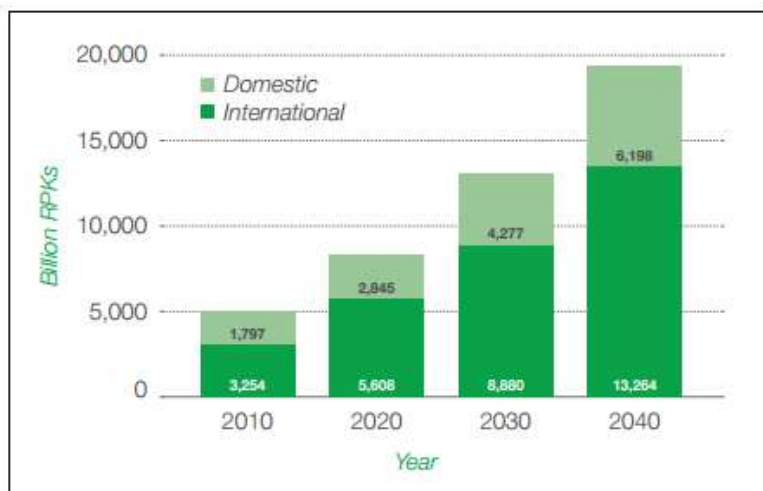


Figura 2.1 Demand forecasting del transport aeri. Extret del capítol 1 del environment report de ICAO del 2013.

Com hem pogut observar en el gràfic anterior, d'aquí a 25 anys el volum de tràfic aeri comercial gairebé es triplicarà. Aquest fet, fa que cada vegada s'exigeixi més un canvi de mentalitat en el sector per tal de disminuir la contribució de les operacions aeronàutiques en el canvi climàtic.

Desafortunadament, a pesar de la magnitud del problema, no s'ha establert cap solució eficient a nivell global per frenar les emissions. El protocol de Kyoto va provocar que les emissions a nivell domèstic es reduïssin considerablement, però el problema radica en els vols internacionals, ja que representen la major part de les emissions del sector, fet que també hem pogut notar en el gràfic del creixement de la demanda. Si és cert, però, que en la última dècada s'estan creant programes i normatives que tenen la finalitat de solucionar aquets problema, com el *ICAO Programme of Action on International Aviation and Climate Change* o el *Clean Sky Joint Undertaking*. A tot això, cal afegir totes les iniciatives creades arran l'aparició del terme **Sustainable Aviation**, del qual en coneixerem els fonaments a continuació.

No obstant, abans d'acabar, és necessari parlar d'un altre problema derivat de l'activitat aeronàutica, la contaminació acústica. La necessitat de compatibilitzar el desenvolupament del sector aeronàutic amb la conservació de la qualitat de vida del entorn aeroportuari, precisa un canvi en la mentalitat i en la forma de dur a terme les operacions per tal de reduir al mínim els nivells acústics i protegir les poblacions pròximes als aeroports d'aquesta externalitat tant negativa, que impedeix establir un model sostenible de convivència entre la infraestructura i les persones.

2.2 El concepte de la *sustainable aviation*

L'aviació sostenible, literalment traduït, és un terme creat pels principals *stakeholders* de la indústria aeronàutica de la Gran Bretanya i posteriorment estès a nivell mundial, que engloba la voluntat de canvi que viu el sector de fer front a la situació explicada anteriorment. Aquest concepte, fa referència al conjunt de tècniques i noves tecnologies relacionades amb el sector aeronàutic que s'estan desenvolupant actualment sota una visió de llarg termini i amb l'objectiu de millorar l'eficiència de les operacions, és a dir, augmentar la capacitat de les aeronaus al mateix moment que es redueix el nombre d'emissions d'aquestes. D'aquesta manera, aconseguiríem contrarestar l'efecte del creixement del tràfic aeri dels pròxims anys, el qual està previst que es pot arribar a triplicar d'aquí al 2050.

Amb l'objectiu de complir amb els objectius mediambientals marcats, podem trobar un gran nombre d'iniciatives de *Sustainable aviation*, com ara la monitorització constant de les emissions a nivell global o bé la gestió eficient de l'espai aeri per tal d'augmentar la capacitat d'operacions aèries. Des d'un punt de vista tecnològic, hi ha un ampli ventall d'innovacions en fase de desenvolupament, creades pels fabricants i proveïdors més conscienciats del sector, com per exemple l'ús de combustibles alternatius, aeronaus no tripulades (UAV) per a fins comercials, flaps dinàmics que permeten configurar les ales, avions supersònics amb baixes emissions, etc.

En el gràfic que trobem a continuació, podem comprendre el nivell d'influència que suposaran aquestes innovacions en el futur, on els avenços més importants passaran per la millora dels motors i del fuselatge de la aeronau. Com podem observar, la línia negra marca el volum d'emissions projectades per al 2050 en cas de que el sector s'estanqui tecnològicament. Sabent que això no succeirà, al gràfic estan marcades les tecnologies que estan per desenvolupar i que provocaran que les emissions es redueixin parcialment tenint en compte el creixement del tràfic aeri. Aquestes millores tecnològiques, a banda de l'avenç en els motors ja comentats, passen per incrementar l'eficiència de les operacions i la gestió ATM, a més de trobar un combustible alternatiu capaç de proporcionar el mateix rendiment que l'actual jet fuel.

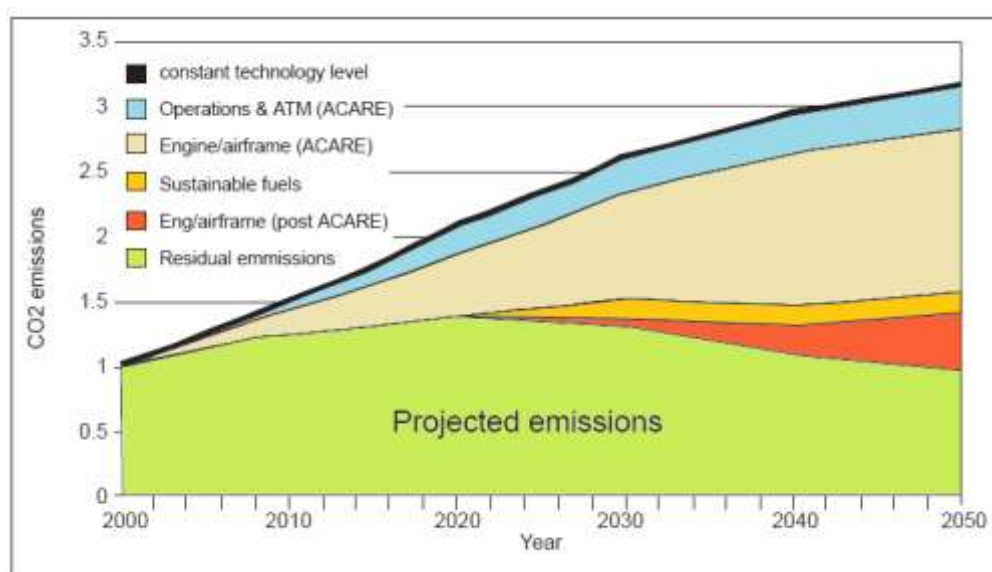


Figura 2.2 Previsió de les emissions en el sector de l'aviació en els pròxims 30 anys.
Extret del memoràndum del Airport Operators Association del març de 2009.

D'altra banda, s'estan creant un gran nombre d'entitats en el sector, implicades en fer possible una aviació més respectuosa amb l'entorn per als pròxims anys. Com a exemple d'aquest fet, podem destacar l'OBSA, que és una organització de nivell estatal creada el 2007, que es dedica a recopilar i analitzar dades sobre el nivell de sostenibilitat en el sector i fer-ne una difusió global de la informació.

A tot això cal sumar-hi les iniciatives aeroportuàries que engloba la *sustainable aviation*, dirigides a un àmbit més concret de la contaminació del sector de l'aviació, ja que a més de contribuir a la reducció global d'emissions nocives, aquestes iniciatives es centren en millorar la qualitat de l'aire en el recinte aeroportuari per tal generar un espai comú més net, i d'aquesta forma incrementar el benestar dels usuaris dels aeroport. Dins d'aquest subgrup es on es troba l'objecte d'aquest treball, les *environment friendly ground handling operations*, de les quals seguidament en podrem veure tots els aspectes que engloben.

2.3 El rol de l'*environment friendly ground handling* dins de l'aviació sostenible.

Cada aeroport, en línia al increment del tràfic d'aeronaus que és produeix cada dia, té una important quantitat d'activitats per gestionar durant l'estada de l'aeronau a la pista, conegudes com a procés del *turnaround*. Des del punt de vista aeroportuari, tots els vehicles i equips que participen en aquest procés tenen una vital influència en la qualitat de l'aire de la zona aeroportuària, i és per aquest fet, que molts gestors estan centrant el focus estratègic en incentivar a les companyies de *ground handling* a realitzar un canvi, per tal de fer les seves pràctiques més respectuoses amb l'entorn.

Les operacions de suport a les aeronaus en pista, suposen entre un 10 i un 15% del total d'emissions nocives en un aeroport, la qual cosa provoca que els agents de pista estiguin en el segon lloc dels actors de l'aeroport més contaminants, per darrere de la pol·lució provocada per les aeronaus.

En el següent gràfic, podem observar un exemple d'aquest fet a través de la distribució del pes que té cada actor en la contaminació de l'aeroport de Zurich. Aquest grup de *handling* que veiem al diagrama circular, engloba les emissions dels vehicles de pista com ara autobusos de passatgers, els camions de càterring o els tractors de cargo, així com altres operacions sense vehicle com ara l'activitat dels GSE o els processos de *re-fueling* i *de-icing*.

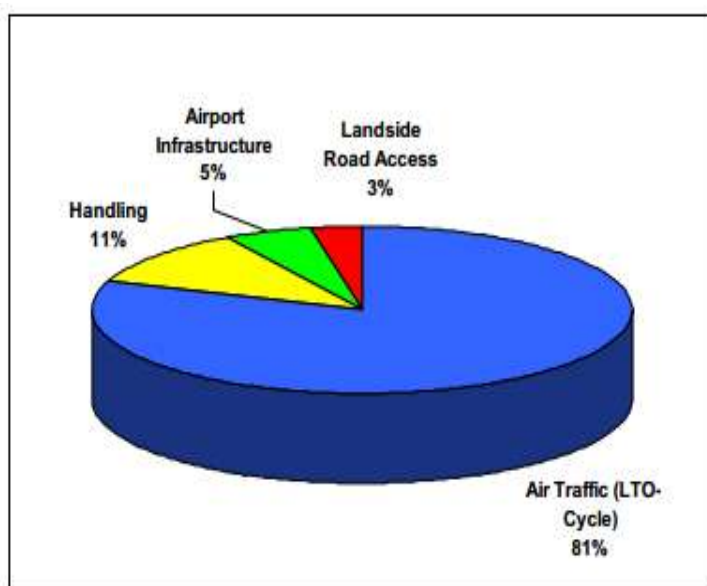


Figura 2.3 Distribució de les emissions nocives al aeroport de Zurich. Extret del document *Methodology and Emissions factors at Zurich Airport*.

Per una altra banda, tenim el problema de la contaminació acústica, que tot i que les operacions de suport en pista no són comparables al soroll que generen les turbines de les aeronaus, també representen una contribució a aquesta externalitat tant negativa de l'aeroport.

Per tant, com a conclusió, podem dir que el rol de l'*environment friendly ground handling* es basa en crear una sèrie d'alternatives a les pràctiques actuals, per tal d'incrementar l'eficiència de les operacions i al mateix moment proporcionar una solució compatible en aquests dos àmbits d'actuació. A més, cal remarcar que és essencial que els operadors de suport en pista i els gestors aeroportuaris treballin conjuntament per tal d'obtenir sinèrgies i solucionar un problema que és responsabilitat de totes les entitats relacionades amb el sector.

2.4 Objectius i tasques de l'*environment friendly ground handling*.

En aquest apartat es tractarà de definir les bases d'aquest concepte, és a dir, explicar quins són els objectius que persegueix i quines són les tasques que duu a terme per tal d'assolir-los. Pel que fa als objectius, com ja hem pogut anar veient en apartats del projecte anteriors a aquest, estan molt marcats per la meta principal, que no és altra que la reducció de les externalitats provocades per la realització de les operacions de suport en pista. Tot seguit, mostrarem de forma més desenvolupada quines són aquestes externalitats que es pretenen eliminar:

En primer lloc, cal destacar la voluntat d'aquestes bones pràctiques de reduir dràsticament les emissions de diòxid de carboni (CO₂) derivades de les operacions que realitzen els operadors de *handling*. Aquest gasos nocius, tot i no se generats a grans altures, s'eleva fins l'atmosfera i contribueixen al canvi climàtic, del qual ja se n'ha parlat en l'apartat 2.1.

D'altra banda, l'*environment friendly ground handling* té com a objectiu eradicar les difusions de òxids de nitrogen generades a la superfície terrestre, que a diferència de les que es desprenen dels vols a les altures, suposen un contaminant local que afecta directament a les persones i ecosistemes pròxims a les zones aeroportuàries.

I per últim, però no menys important, cal destacar la intenció d'aquest concepte de suprimir la contaminació acústica generada per l'activitat aeroportuària. Tot i que els avions durant el cicle LTO són els màxims contribuents a la producció de soroll, les operacions de suport en pista també provoquen externalitats negatives en aquest àmbit. Per tant, el tercer objectiu que es persegueix, està centrat en reduir les emissions sonores de tots els vehicles i la maquinària que intervé en el procés de *turnaround*.

Des d'un punt de vista de la pròpia companyia de *ground handling* que decideixi adoptar aquest caràcter respectuós amb el medi ambient, un objectiu que es pot marcar és el d'obtenir beneficis a llarg termini, a través de la substitució dels hidrocarburs com a font d'energia principal, però d'aquest tema ja se'n parlarà en capítols posteriors.

Per tant, les metes que persegueixen les companyies que adopten aquestes pràctiques són les següents:

- Reduir principalment el volum de CO₂ provocat per la maquinària de *ground handling*.
- Eliminar l'excés d'emissions de la resta de substàncies nocives derivades de les activitats de suport a les aeronaus (NO_x, PM, CO, HC)
- Mitigar l'externalitat que suposa la contaminació acústica dels avions i els components dels operadors a les pistes que intervenen en el *turnaround*.
- Aconseguir una important reducció dels costos a llarg termini gràcies a la substitució dels motors d'hidrocarburs.

Un cop definits els objectius que es persegueixen amb les *environment friendly ground handling operations*, és moment d'explicar quines són les tasques que es poden dur a terme dins d'aquest camp per tal d'assolir els objectius marcats.

La primera tasca a la qual s'ha de fer front, és la de trobar una energia alternativa als motors de combustió dels vehicles que intervenen en les operacions de pista. Estem parlant dels motors com per exemple dels camions de càterring, els dels serveis de neteja; en definitiva tots els elements del GSE motoritzats. Evidentment l'energia que s'està utilitzant actualment de forma alternativa són els vehicles amb motors elèctrics, ja que compleixen amb els tres objectius marcats degut a que no emeten cap tipus de gas contaminant i són totalment silenciosos.

Una altre pas vital és el de trobar una alternativa per a un element molt important del *ground handling*, l' APU. Aquest component, al igual que el seu substitutiu el GPU, funciona amb combustible dièsel o ATF. L'ús continu d'aquestes unitats provoca l'alliberament de gasos contaminants perillosos en grans quantitats a l'aire com CO₂ i NO_x, dels quals en hem parlat anteriorment. A més a més, s'emeten altres substàncies nocives com ara CO i SO₂, fet que provoca que aquests components auxiliars afectin directament a la qualitat de l'aire, sent enormement perjudicials per al medi ambient i especialment per al personal que els utilitza.

D'altra banda, aquests components funcionen mitjançant motors que van a altes revolucions per minuts, fet que provoca que produeixin un nivell de soroll entre 80 i 85 Db. Per aquest motiu, aquesta tasca és una de les més importants, ja que si es vol evitar aquesta tendència negativa de contaminació, tant atmosfèrica com acústica, s'ha de suprimir-ne l'ús massiu d'aquesta maquinària.

Un tema diferent, però dins de l'àmbit anterior, és l'ús de l'APU amb la finalitat de climatitzar l'aeronau. Molts pilots, decideixen mantenir en funcionament l'APU durant el procés del *turnaround* amb l'objectiu de climatitzar l'interior de l'avió, no obstant, aquesta operació suposa una gran despesa de combustible i per consegüent un volum d'emissions nocives força notable. Per tal de posar solució al problema, el concepte de *l'environment friendly ground handling* invita a utilitzar sistemes PCA. Aquests components, també anomenats ACU, acostumen a ser unitats fixes instal·lades a les passarel·les o bé components mòbils als qual es pot acoblar el GPU. A més, també es disposa d'altres solucions al ús massiu de l'APU, com ara els sistemes centrals de refrigeració. De tots aquest components i altres alternatives, se'n parlarà més endavant a l'apartat 4.1.

Un altre problema sobre el qual aquest concepte té la tasca de posar-hi fi, és l'ús de substàncies tòxiques com el glicol per a descongelar paviments i aeronaus. Es tracta d'un compost orgànic tòxic i d'ingestió mortal, que pot afectar greument als ecosistemes aquàtics en cas de ser-hi vessat. Tot i que és un component molt regulat, per tal d'assolir un nivell més alt de bones pràctiques, es pretén eliminar totalment aquesta substància nociva.

Finalment, una tasca a desenvolupar molt important, no tan sols a nivell d'operadors de pista, és l'augment de l'eficiència de les totes les operacions que és realitzen dins de la zona aire de l'aeroport. Per tal d'assolir aquest objectiu, Eurocontrol va crear el concepte de l'A-CDM, que pretén potenciar la coordinació entre tots els *stakeholders* del sector compartint informació a temps real amb la finalitat d'augmentar el rendiment de les pistes amb els mateixos recursos. Amb la implantació d'aquest terme, es poden arribar a reduir gran part de les emissions generades a nivell aeroportuari.

Per acabar, repassarem les tasques definides anteriorment per tal de veure de forma més clara quins són els camins definits per a la consecució dels objectius fixats:

- Substituir els vehicles no aeris que circulen per les pistes per altres que funcionin amb una energia més ecològica que els hidrocarburs.
- Reduir al mínim l'ús de l'APU dins del recinte aeroportuari.
- Buscar una alternativa més neta als actuals sistemes de refrigeració de l'aeronau.
- Eliminar totalment l'ús dels *de-icing fluids* que contenen glicol.
- Implantar l'ús de l'A-CDM a tots els aeroports.

2.5 Creació del concepte i evolució

L'*environment friendly ground handling* no és un programa creat per una agència aeronàutica internacional o bé una guia implantada per alguna companyia del sector per dur a terme correctament les operacions, sinó que es tracta d'un canvi en la visió de les activitats de *ground handling*. Aquesta nova visió no es centra únicament en incrementar la competitivitat i obtenir una major quota de mercat possible, es basa en ser eficient i competitiu al mateix moment que es contribueix a fer de l'aeroport una zona molt més neta i més respectuosa amb els usuaris.

A causa de la naturalesa d'aquest concepte, és molt difícil esbrinar en quin moment concret va aparèixer, però és evident que un punt d'inflexió notable ha estat la creació de programes com el Airport Carbon Accreditation de ACI, que fan pressió sobre les companyies de vol i els operadors de *handling*. Degut a la incertesa de l'any exacte en que va aparèixer per primera vegada aquest concepte, considerarem les iniciatives com aquestes, creades la majoria entre finals de la primera i principis de la segona dècada del segle XXI, com el punt de partida d'aquest canvi de mentalitat. Per tal de donar suport a aquesta aproximació, cal remarcar el fet de que l'escassa informació que podem trobar a la xarxa sobre aquest terme està datada a partir de l'any 2009.

D'altra banda, si parlem de l'evolució que ha experimentat aquest concepte des de la seva creació, tot i tenir una longitud molt curta, podem observar com han aparegut moltes solucions en els últims dos anys a les tasques mencionades en l'apartat anterior, les qual veurem en el seu corresponent moment. Cal destacar que aquestes bones pràctiques estan encara en fase de desenvolupament, però podem assegurar que l'evolució que experimentaran serà notable, ja que són una necessitat per a assolir el canvi en el sector del *ground handling* i del transport aeri en general.

3. Regulacions de la contaminació aeroportuària

És cert que moltes companyies del sector de l'aviació, i concretament del de les operacions en pista, per sí soles busquen augmentar el seu nivell de prestigi a través de l'adopció de pràctiques com aquestes, amb l'objectiu de millorar la percepció que en tenen els usuaris d'elles. En canvi, la gran majoria d'operadors, no veuen que aquest canvi de mentalitat pugui generar una possible font d'ingressos i per tant no modifiquen el seu model de treball. Degut a aquesta escassa moralitat dins del sector, és necessari introduir mesures legals que facin pressió sobre les companyies per tal d'aconseguir un canvi de mentalitat i per tant, en la forma de duu a terme les operacions a l'aeroport. Però, quines són aquestes obligacions legals que actualment estan realitzant pressió sobre els operadors? El següent capítol del projecte, està dirigit a donar resposta a aquesta pregunta a través de la comprensió de tots els programes creats en aquest àmbit per entitats regulatòries del sector i altres organismes governamentals. No obstant, és necessari dividir aquest tema tant important del treball segons el nivell d'actuació de les regulacions per tal de poder comprendre millor l'abast que té cada iniciativa.

3.1 Normatives regulatòries a nivell mundial.

La primera secció, està destinada a donar a conèixer les regulacions aeronàutiques d'abast intercontinental en tema de contaminació als aeroports. Com podrem veure a continuació, no es troben moltes normatives que afectin de forma global a tots els països del món, ja que és molt difícil gestionar de forma conjunta la infinitat d'aeroports existents. A més, actualment encara no podem trobar cap programa destinat exclusivament al *ground handling*, així que parlarem d'aquells que influeixen de forma indirecta. Tot seguit, coneixerem els dos organismes del sector amb més poder, així com les seves iniciatives per tractar de canviar la situació de la contaminació generada per l'activitat dels operadors de suport en pista.

3.1.1 ICAO

El *International civil aviation organization*, coneguda com OACI a Espanya, és l'organisme més important de tota la indústria de l'aviació. Creat l'any 1944 durant el conveni de Chicago, té l'objectiu principal de fomentar els principis i la tècnica de la navegació aèria així com la tasca de desenvolupar i perfeccionar el transport aeri internacional. Tot i ser l'organització amb més abast en aquesta modalitat de transport, no trobem cap regulació directa sobre un tema tant actual com la contaminació generada per les operacions de suport en pista a les aeronaus. Aquest fet és una prova evident de l'escassa preocupació que persisteix en gran part del sector sobre les emissions generades en aquest àmbit. No obstant, és cert que es poden veure referències en alguns dels seus textos publicats més importants:

- **Annex 16 - Environmental protection**

Una de les seccions dels coneguts com annexos de l'OACI, redactats durant la mencionada convenció de Chicago amb el propòsit de establir normes de mínim compliment per als estats signants, fa referència als aspectes contaminants de les aeronaus, tant a nivell acústic com atmosfèric. Dins d'aquesta secció, podem trobar un capítol titulat "*Installed auxiliary power units (APU) and associated aircraft systems during ground operations*" que es podria relacionar amb una part important de les operacions de suport en pista, com ara l'ús del GPU. Malauradament, tot i estar actualitzat al Juliol del 2008, l'OACI inclou en el text una única nota que informa de que les regulacions en aquest aspecte encara no estan desenvolupades. Tot i no tractar-se d'una referència directa a les companyies de *ground handling*, és sorprenent que encara no existeixi una regulació en aquest sentit avui en dia.

- **ICAO Airport Air Quality Manual**

D'altra banda, podem trobar un gran nombre de referències en aquest text publicat a través del CAEP. Aquest organisme, és una extensió del ICAO amb un enfocament més tècnic a les polítiques i els SARPs relacionades amb la contaminació acústica i el impacte de l'aviació al medi ambient en general. En aquest manual publicat l'any 2011, estan redactats tots els problemes que es deriven de

l'activitat dels operadors de pista i mètodes per calcular les emissions que generen, però en cap moment aporten alguna solució al problema relacionada directament amb el *environment friendly ground handling*.

- **Guidance on the balanced approach to Aircraft noise management**

Aquest és el document més important del ICAO en matèria de contaminació acústica. Tot i estar principalment centrat en les aeronaus, en el capítol 4 titulat reducció del soroll en les fonts d'origen, podem trobar una referència als procediments operacionals de pista on explica que també formen part del problema. No obstant, aporten únicament com a solució, la creació de plans a nivell nacional per tal d'adaptar-se als estàndards més recents.

- **CO₂ certification requeriment ICAO**

Finalment hem de destacar aquest certificat d'emissions que representa la mesura més recent del ICAO en l'àmbit de la aviació sostenible. Aquest certificat que entrarà en vigor a partir de 2015, es centra en establir un límit d'emissions per a les aeronaus de nova construcció. Tot i la bona voluntat d'aquesta iniciativa, s'està deixant de banda per enèsima vegada el problema que suposen les operacions convencionals de suport a les aeronaus.

3.1.2 ACI – Airport Carbon Accreditation

Airport Council International és l'únic representant de les entitats aeroportuàries que podem trobar a nivell mundial. Fundada l'any 1991, té l'objectiu de vetllar pels interessos dels gestors dels aeroports en les seves relacions amb els governs i entitats reguladores del sector. A més, desenvolupa normes, polítiques i pràctiques recomanades per als aeroports per tal de millorar la qualitat dels serveis que s'ofereixen en aquestes infraestructures. En els últims anys, l'ACI ha augmentat considerablement la seva relació amb l' ICAO, fet que ha permès guanyar força reconeixement i poder dins del sector.

L'iniciativa més important en matèria d'aviació sostenible creada per l'ACI, és aquesta acreditació aeroportuària referent al nivell de gasos hivernacle emesos als aeroports. El que es pretén amb aquest projecte, és avaluar i reconèixer els esforços dels gestors aeroportuaris que pretenen reduir el volum d'emissions de GHG millorar la qualitat de l'aire a través de les bones pràctiques operacionals. Destaquem aquesta iniciativa, degut a que afecta directament a la gestió de les activitats de suport a les aeronaus en pista, ja que aquest projecte també va destinat a incentivar als operadors de *handling*, així com a les companyies de vol i al ATC. Però com funciona aquesta acreditació? Els aeroports presenten de forma voluntària i independent la seva *carbon footprint* d'acord amb l'estàndard de comptabilitat de gasos hivernacle ISO14064. Aquestes dades es presenten a l'administració de l'ACI amb un informe relatiu als processos actuals de gestió de gasos nocius. D'acord amb aquesta informació, s'assigna al aeroport un dels 4 nivells de certificació existents:

Mapping → Aquesta acreditació s'atorga a aquells aeroports que han quantificat el volum emissions i les fonts d'on provenen i realitzen un informe anual.

Reduction → Mostrar evidències de que s'han establert objectius i s'estan duent a terme processos eficaços de gestió dels GHG amb resultats positius.

Optimisation → En aquesta acreditació és on entra en joc el environment friendly ground handling, ja que és necessari la participació de tercers en la reducció de la petjada de carboni.

Neutrality → És el grau més alt, ja que implica la neutralització de les emissions que no es poden eliminar, com la de l'activitat mínima dels avions, a través de la compensació amb processos totalment nets.

No obstant, per el moment tan sols podem trobar 16 aeroports que hagin assolit el màxim nivell d'eficiència ecològica. Per una altra banda, la majoria d'aeroports que posseeixen alguna de les acreditacions estan dins del continent Europeu, fet que

indica que la participació al continent asiàtic i a l'Àfrica és pel moment força discreta. Tot i això, les dades són molt esperançadores, ja que els aeroports que en formen part del projecte representen el 22% del tràfic mundial. Finalment, cal destacar que hem incorporat aquest programa, tot i no ser una normativa regulatòria, degut al incentiu que suposa per a les entitats aeroportuàries adoptar les bones practiques de gestió de les emissions. A més, ho hem considerat com una iniciativa d'abast mundial, no pas pels resultats actuals, sinó degut a la seva ambició d'arribar a tot el món en els pròxims anys.

3.2 Normatives regulatòries a nivell europeu.

Un cop observada l'escassa imposició de normatives d'àmbit mundial, és el moment de donar a conèixer quins són els elements que estan pressionant dins del continent europeu per tal d'accelerar l'evolució del concepte en el que es centra aquest projecte. En el següent apartat, podrem trobar un ventall més ampli de regulacions i programes, ja que l'abast està més limitat i és més fàcil imposar restriccions sobre el volum d'emissions.

3.2.1 Directiva 2002/49/EC (25 de Juny del 2002)

Aquesta directiva va estipular anys més tard una sèrie d'obligacions per als països en matèria de contaminació acústica a les grans aglomeracions i als eixos de transport mes importants. Concretament, en matèria aeronàutica va marcar les següents fites:

- Imposar als països membres una sèrie d'indicadors de mesura dels volums de contaminació acústica i crear un mètode fiable d'avaluació d'aquest, igual per a tots els àmbits.
- Obligar als estats membres a elaborar mapes estratègics del soroll en els aeroports de més de 50.000 operacions al any i reportar la informació a la comissió cada 5 anys.
- Dins del pla d'acció, la part més important d'aquesta iniciativa, la comissió va estipular que les autoritats competents en cada territori, havien de crear plans de resposta encaminats a fer front les qüestions relatives a la contaminació

acústica i als corresponents efectes nocius, i fixant com a data límit el 18 de Juliol de 2008.

L'1 de Juliol de 2011, la Comissió Europea va publicar un informe de valoració de la implementació d'aquesta iniciativa. El document, explica que ha estat un èxit per part de la majoria de membres, tot i que alguns van enviar la informació del *mapping* fins a 2 anys tard.

De forma més recent però, cal destacar que la comissió europea està preparant una nova legislació dins d'aquest àmbit. No obstant, aquesta normativa que entrarà en vigor quan sigui publicada al Diari Oficial de la UE, no difereix gaire de la seva predecessora, ja que continua donant la última paraula als estats membres, fet que fa que molts d'ells no es vegin suficientment pressionats per a executar-la.

3.2.2 Programa CAFE (Clean Air for Europe)

Aquest és un dels programes més importants pel que fa a la lluita contra la pol·lució de l'aire dins del continent europeu. L'objectiu d'aquesta iniciativa del 2001 era establir al llarg termini, una estratègia integrada per a fer front a la contaminació de l'aire i per a la protecció contra els seus efectes sobre la salut humana i el medi ambient. Es podria considerar un projecte complementari a l'acreditació de carboni de la ACI, ja que està enfocat a la reducció de tots els components nocius excepte el CO₂.

L'origen d'aquest programa es deu a una sèrie de directives de desenvolupament adoptades al 1996 en el marc de la contaminació atmosfèrica que pretenien reduir el volum de substàncies nocives al cel Europeu, especialment les que produeixen l'acidificació (diòxid de sofre, òxids de nitrogen, compostos orgànics volàtils i amoníac). Un punt a destacar, és que va néixer lligat a la directiva [2001/81/EC](#), que pretenia establir sostres d'emissions per a cada país membre. Aquest sostres marcaven el límit de matèries contaminants que podia generar cada país en les diferents activitats que es produeixen dins del territori, incloent el transport aeri. No obstant, la comissió europea tan sols establia les volums màxims d'emissions, eren

els propis països els que havien de crear per ells mateixos les mesures adequades per a assolir-los.

L'objectiu principal que és va marcar aquest organisme europeu amb la creació del programa CAFE juntament amb la directiva 2001/81/EC era establir les bases d'una iniciativa global a nivell Europeu per a frenar el decrement de la qualitat de l'aire en els últims anys. Les accions que s'han dut a terme des de el naixement d'aquesta iniciativa són les següents:

- Recollir i validar informació científica sobre els efectes de la contaminació de l'aire.
- Donar suport a la correcta implementació i revisar l'eficàcia de la legislació existent periòdicament per tal de crear noves iniciatives si s'escau.
- Desenvolupar vincles estructurals amb els àmbits polítics pertinents per tal d'assegurar que es prenguin les mesures necessàries a nivell nacional.
- Difondre la informació recopilada durant el programa entre el públic.

Doncs bé, és moment d'analitzar que va passar amb aquest programa valorant fins a quin punt va ser capaç d'assolir els objectius marcats. Aquesta informació la podem trobar al document d'avaluació que va realitzar AEA Group, una de les consultores mediambientals més importants del món. L'informe, publicat al Març de 2008, fa un anàlisi exhaustiu del comportament dels estats membre des de que la iniciativa es va implantar tenint en compte que el límit temporal per a assolir els sostres era al 2010. A continuació, a través de dos gràfics, podem comprendre gràficament en quin punt d'evolució es trobava cada estat membre 7 anys després de la implantació del programa i quin percentatge d'èxit s'havia assolit.

En primer lloc, tenim un gràfic de barres que analitza el volum de països que per el moment havien assolit els límits de contaminants. Com podem observar, hi ha dues barres per cada una de les 4 substàncies nocives sobre les que actua el programa CAFE, la de color verd representa els països que han assolit l'objectiu de sostres d'emissions i la de color groc el nombre d'estats membre que no han estat capaços fins al moment.

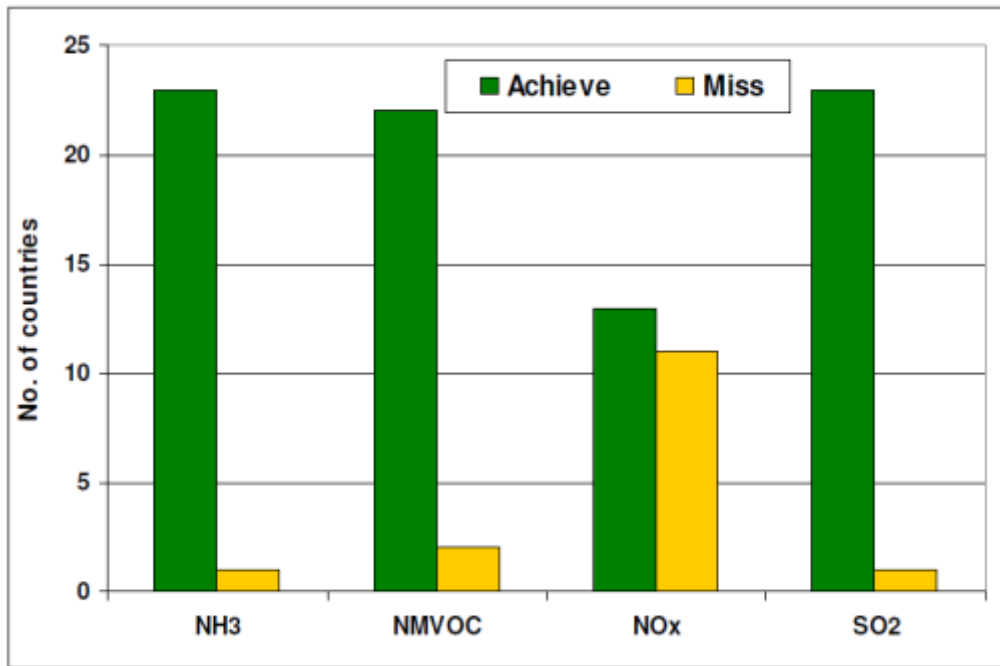


Figura 3.1 Compliment dels sostres límits d'emissions entre els estats membres participants al programa CAFE. Extret del document *Evaluation of the national plans submitted under the National Emissions Ceilings Directive 2001/81/EC*.

La dada més important amb la qual ens hem de quedar, és la visible dificultat que suposar reduir el nombre d'emissions d'òxids de nitrogen, un dels principals factors a eliminar de l'activitat aeronàutica. Com es pot veure, gairebé la meitat dels membres no han estat capaços d'assolir els objectius que s'havien marcat des de la comissió Europea. Per tal de comprendre aquestes dades de forma més extensa, tenim un segon gràfic que es centra únicament en l'anàlisi d'èxit en la reducció d'aquesta substància tant conflictiva. No obstant, ho podríem considerar més com un anàlisi de la voluntat que té cada país de dur a terme un canvi per a una societat més sostenible, que no pas que un anàlisi d'èxit.

Pel que fa a la comprensió d'aquest gràfic, el zero representa l'objectiu dels països en volum d'emissions, és a dir, el sostre marcat per la comissió, i la llargada de la barra expressa la distància sobre aquest *target*. Els estats membres que estan sobre l'objectiu, o el que és el mateix, per sota del sostre, apareixen de color blau, i en canvi els que no estan realitzant els esforços suficients apareixen marcats de color ataronjat.

Com s'observa, els països bàltics són els que es van prendre més seriosament aquest programa juntament amb Bulgària i Romania, ja que estan molt per sota del sostre d'emissions. Contràriament, països com Àustria, Irlanda o Bèlgica passats la data límit per complir amb els límits, no semblen tenir intencions de seguir la voluntat de la directiva 2001/81/EC.

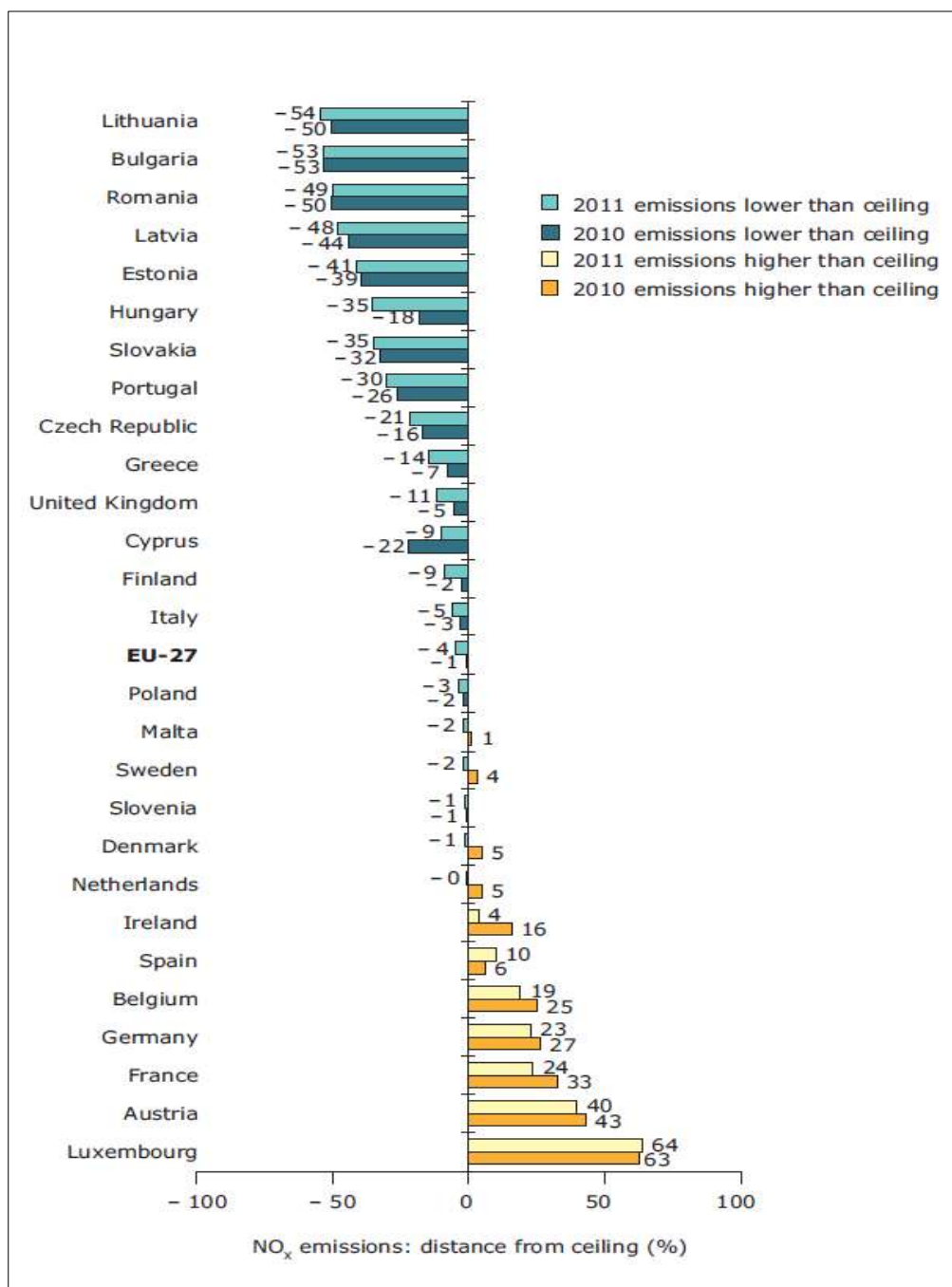


Figura 3.2 Distància l'any 2011 sobre els sostres d'emissions de NO_x marcats i les projeccions per al 2012. Extret del document NEC Directive status Report 2012.

3.2.3 Directiva 96/67/CE (15 de Octubre de 1996)

Aquest document creat per la comissió, estava relacionat directament en la regulació del mercat de les companyies d'assistència en pista dins de la comunitat europea. L'origen de la regulació es sostenia en establir progressivament una política comú en aquest sector del transport aeri i fomentar el progrés econòmic en aquest àmbit. Tot i ser una normativa força endarrerida, al capítol 18 titulat protecció social i medi ambient podem trobar les següents paraules:

“Sin perjuicio de la aplicación de las disposiciones de la presente Directiva y respetando las demás disposiciones de Derecho comunitario, los Estados miembros podrán tomar las medidas necesarias para garantizar la protección de los derechos de los trabajadores y el respeto del medio ambiente”¹

Tot i ser modificada l'any 2003, aquest document no aporta res al creixement del concepte de l'*environment friendly ground handling*, ja que deixa en mas dels membres de la comunitat la responsabilitat de dur a terme operacions respectuoses amb el medi ambient.

Fins aquí l'apartat 3.2, però abans d'acabar és imprescindible realitzar un comentari general sobre les regulacions en l'àmbit europeu. En primer lloc, es molt important destacar que hi ha un gran nombre de regulacions en matèria aeronàutica pel que fa a la contaminació de les quals no en hem parlat, ja que no influeixen directament sobre l'activitat dels operadors de pista. Un exemple d'aquest fet, són les iniciatives com el *Single European Sky* i el *Clean Sky*, creades ambdues per la comissió europea amb l'objectiu d'establir una solució definitiva al problema de la contaminació en el sector aeronàutic. Tot i ser els dos projectes més ambiciosos d'aquest àmbit, no consten de cap part enfocada directament a la contaminació dels recintes aeroportuaris.

En segon lloc, hem pogut observar que en totes les directives i programes que s'han donat a conèixer en aquesta secció, la comissió europea atorga la responsabilitats als

¹ Font: Directiva 96/67/CE del consejo de 15 de octubre de 1996 relativa al acceso al mercado de asistencia en tierra en los aeropuertos de la Comunidad.

governos dels països per complir amb les normes establertes, confiant en la bona voluntat d'aquests, fet que per el moment no esta proporcionant els resultats necessàries per gaudir d'unes millors condicions de vida.

La conclusió que podeu extreure de tot això és que fa falta més mà dura per part de la comissió europea si es volen assolir els objectius de contaminació marcats per al 2020. Per si sols, la majoria de membres de la comunitat europea són incapaços de posar solució al problema sense normatives i regulacions que facin pressió. En el següent apartat, podrem veure les normatives que ha creat Espanya fins al moment en matèria de contaminació aeroportuària com a exemple de regulacions d'àmbit nacional.

3.3 Normatives regulatòries a nivell nacional.

Aena és l'entitat pública estatal encarregada de la regulació de la navegació civil aèria y dels aeroports civils d'Espanya. Conforme a la legislació vigent, una de les funcions que ha de dur a terme és la de controlar i gestionar les infraestructures aeroportuàries i vetllar per la seva seguretat i la dels usuaris. Per tat, dins del territori espanyol el màxim responsable de l'execució de les recomanacions tant de la OACI com de la comissió i les entitats aeronàutiques del continent europeu. Dins de la pàgina web de l'organització, podem trobar un apartat dedicat exclusivament a la protecció del medi ambient on destaquem els següents àmbits d'actuació relacionats amb l'activitat dels operadors de *ground handling*.

3.3.1 Normatives nacionals contra la contaminació acústica

Aena destaca que el problema de la contaminació acústica és un tema candent actualment, ja que representa una externalitat molt negativa, no tan sols per als usuaris, sinó que també per a les poblacions establides al voltat de la infraestructura. D'aquí que la reducció al mínim dels nivells acústics i la protecció de la qualitat de vida siguin una de les prioritats per a l'entitat. Tot i que deixa clar que la principal font del problema resideix en les operacions de enlairament i aterratge de les aeronaus, engloba aquest afer de forma conjunta amb totes les altres activitats del aeroport que provoquen alts nivells de soroll. A continuació, destaquem les

principals eines d'actuació que tenen com a objectiu transformar els aeroports espanyols en infraestructures més sostenibles en aquest àmbit:

- **Elaboració de mapes estratègics de soroll**

No es tracta d'una eina capaç de reduir directament el volum de contaminació acústica, sinó que té un enfocament informatiu, ja que es basen en anàlisis constants de les zones afectades per l'activitat aeronàutica. L'elaboració d'aquests mapes està subjecta a la imposició de la directiva europea 2002/49/CE de la qual en hem parlat a l'apartat anterior. A Espanya es va crear un any després la llei 37/2003 en referència a l'avaluació i gestió del soroll ambiental. D'acord amb aquestes normatives, Aena ha elaborat i reportat mapes estratègics de soroll durant el 2007 (Primera fase) i el 2012 (Segona fase). No obstant, com hem explicat anteriorment, aquests anàlisi acústics només s'han realitzat per als aeroports amb més de 50.000 operacions comercials anuals. La finalitat d'aquesta eina, a banda del complir amb les normatives de la comissió europea, és obtenir un enfocament estratègic per a poder elaborar un pla d'acció que s'ajusti perfectament al problema i sigui capaç de donar resultats òptims. Per tenir una idea de com s'estructuren aquest mapes, hem annexat al projecte el mapejat acústic que es va realitzar per a l'aeroport del Prat durant la segona fase del programa.

- **Elaboració de plans d'acció individuals per part dels aeroports:**

Els plans d'acció, vinculats directament amb el *noise mapping*, són l'element clau per a posar solució al problema de la contaminació acústica als aeroports. A igual que l'eina anterior, tenen origen en la directiva 2002/49/CE, concretament a l'article 8. Aena, en resposta a aquesta regulació, ha creat un pla d'acció per a cada aeroport de més de 50.000 moviments anuals perfectament ajustat als resultats obtinguts amb els corresponents mapes d'anàlisi del soroll. Si analitzem alguns d'aquests plans individuals d'acció, per exemple el de l'Aeroport del Prat o el Adolfo Suárez Madrid-Barajas, veurem que des de la implantació d'aquests plans l'any 2012, les aerolínies han de respectar una sèrie de restriccions operatives tal com la limitació horària de l'ús de motors d'empenta per sobre del "ralentí" o la prohibició de l'ús de l'APU durant l'estacionament de l'aeronau tant a les posicions en remot com a les

passarel·les. Malauradament, no hi ha cap referència a l'activitat dels operadors de *ground handling*, deixant totalment de banda la segona font del problema.

3.3.2 Normatives nacionals contra la contaminació atmosfèrica.

La qualitat del aire de les zones aeroportuàries, l'altre àmbit del problema de la contaminació, representa una externalitat enorme individualment per a cada infraestructura i un problema global per a Aena. Per tal de donar solució, l'entitat reguladora ha dut a terme una sèrie de programes de control i vigilància del volum d'emissions nocives derivades de l'activitat aeroportuària. Aquestes iniciatives, formulades pel ministeri de medi ambient del govern espanyol, representen l'esperança per poder suprimir totes les negativitats que provoquen les substàncies tòxiques que podem trobar als aeroports del nostre país.

Una de les eines més rellevant que utilitza Aena per dur a terme la tasca d'anàlisi de la qualitat de l'aire, són les xarxes de vigilància instal·lades als aeroports de Madrid, Barcelona, Màlaga i Palma de Mallorca entre d'altres. La funció d'aquesta eina, és similar a la dels mapes de soroll que hem vist anteriorment, ja que pretenen mostrar l'abast real del problema a través del càlcul dels nivells de concentració de substàncies tals com CO₂, SO₂, NO_x i PM. Degut a la implementació d'aquests sistemes d'anàlisi atmosfèric, alguns d'aquest aeroports han obtingut el primer nivell de reconeixement del *Airport Carbon Accreditation*. A més a més, Aena realitza un seguiment exhaustiu del desenvolupament de les operacions dels contractistes i concessionaris com ara els operadors de *ground handling*.

Pel que fa a les eines actives de resposta a la contaminació, l'entitat reguladora dels aeroports espanyols mostra a la seva memòria de responsabilitat social del 2009, dues actuacions que impacten directament al progrés de l'*environment friendly ground handling*. Aquestes iniciatives estan enfocades de la següent forma:

- Treballar conjuntament amb les companyies de suport en pista per tal de fomentar i extendre a tots els aeroports l'ús dels sistemes d'energia auxiliar elèctrics incorporats a les passarel·les, sempre i quan sigui possible tècnicament tenir l'APU apagat.

- Per tal de minimitzar les emissions procedents de vehicles que operen dins de la zona aeroportuària, Aena posa en pràctica programes de substitució de vehicles de *ground handling*. Es una proposta voluntària per als operadors de pista de reemplaçar els vehicles contaminants per altres que funcionin amb combustibles alternatius. Dins de la secció 4 del projecte, podrem veure algun exemple de la situació actuals d'algun d'aquets plans als aeroports espanyols.

No obstant, abans d'acabar aquest apartat, és necessari mostrar el que representaria una part del conjunt de normatives nacionals, és a dir, les regulacions exclusives per a cada aeroport. Per entendre al que ens estem referint, volem mostrar l'exemple de les regulacions internes d'un gestor aeroportuari, i com no, hem escollit el més important de Catalunya, l'aeroport del Prat.

La Generalitat de Catalunya posseeix una xarxa pròpia de vigilància de control ambiental que integra les estacions d'anàlisi dels aeroports amb els punts estratègics del seu entorn, com per exemple les localitats de Gavà, el Prat de Llobregat o Viladecans. Amb aquest sistema pot englobar el problema d'una forma més extensa, arribant a tots els punts afectats per les emissions de substàncies nocives a l'atmosfera. A més, el Govern català va crear un programa propi al 2008, derivat de la publicació dels decrets 226/2006 i 152/2007, centrat exclusivament en la reducció dels GHG. Hi ha tres mesures clau en aquesta iniciativa, dues de les quals proposades directament per Aena i comentades a la pàgina anterior, a banda de la proposada pel govern, basada en l'optimització de totes les activitats que es realitzen a pista amb l'objectiu de reduir les emissions innecessàries.

La conclusió que podem extreure d'aquest fragment, és que des de l'administració pública catalana i especialment des de la gestió de l'aeroport del Prat, s'estan intentant fer les coses correctament en l'àmbit de la contaminació atmosfèrica, ja que amb aquest programa s'intenta donar resposta a tres punts clau de l'*environment friendly ground handling*. L'únic aspecte del qual no en trobem cap referència, ni tan sols en el manual de bones pràctiques de Aena, és el perill de l'ús d'anticongelants

que contenen glicol. No obstant, la majoria d'avions que interactuen amb aeroports espanyols, no solen requerir l'ús d'aquest serveis degut a les altes temperatures.

3.4 Resum de les regulacions i conclusions

En el següent quadre, podrem trobar totes les regulacions relacionades amb les operacions sostenibles en pista de les quals hem parlat al llarg d'aquesta secció del projecte, classificades segons l'abast que tenen i la naturalesa del seu caràcter.

Títol	Abast	Àmbit	Caràcter
ICAO Airport Air Quality Manual	Mundial	Contaminació atmosfèrica	Recomanació
Guidance on the balanced approach to Aircraft noise management	Mundial	Contaminació acústica	Recomanació
Airport Carbon Accreditation	Continental (Àfrica, Àsia i Europa)	Contaminació atmosfèrica	Recomanació
Directiva 2002/49/EC	Europa	Contaminació acústica	Impositiu
Programa CAFE	Europa	Contaminació atmosfèrica	Recomanació
Directiva 96/67/CE	Europa	Competències de regulació del mercat de <i>handling</i> .	Impositiu
Llei 37/2003	Espanya	Contaminació acústica	Impositiu
Programa de control i vigilància d'emissions	Espanya	Contaminació atmosfèrica	Impositiu

nocives (Aena)			
226/2006 - 152/2007	Catalunya	Contaminació atmosfèrica	Impositiu

Taula 3.1 *Resum de les regulacions aeroportuàries.*

Les conclusions globals que obtenim després de l'anàlisi complet de totes les normatives i regulacions vinculades a les activitats dels operadors en pista, és centren bàsicament en el caràcter escassament impositiu que tenen. És evident que és necessària més mà dura per part de les entitats reguladores del sector aeronàutic, especialment per part de l'ICAO, ja que és la que posseeix més poder per a canviar la situació. Actualment, és la voluntat dels països la que dicta les mesures que s'executen, i concretament els gestors aeroportuaris, ja que cada aeroport és un cas completament diferent i requereixen plans d'acció creats a mesura. Per tant, per comprendre el progrés actual del concepte en el que es centra aquest treball, hauríem de analitzar tots els aeroports del món individualment per veure quin és el resultat en global.

Tot i això, la situació actual proporciona esperances per creure que s'està produint un canvi de mentalitat entre els gestors aeroportuaris, especialment al continent on estem situats, ja que la comissió europea està duent a terme un bon treball. A més a més, cal destacar programes com el Airport Carbon Accreditation de la ACI, degut a que estem segurs de que jugarà un paper clau tant a nivell europeu com intercontinental.

3.5 Key Environmental Performance Indicators

Els *key performance indicators* del camp de la contaminació, són els estàndards que permeten mesurar quantitativament el volum de pol·lució o de soroll que és produeix en una àrea concreta. L'objectiu d'aquestes unitats de mesura, és poder quantificar l'extensió del problema i realitzar estadístiques per determinar quina és la solució idònia i valorar el progrés de l'aplicació dels plans d'acció. Tot i no tractar-se d'un programa o una regulació, hem inclòs l'explicació d'aquestes eines de mesura dins de la secció 3 perquè és un concepte molt important per poder comprendre com és quantifiquen els esforços de cada país i conèixer de forma internacional el volum de contaminació gracies a l'existència d'uns estàndards.

A continuació, donarem a conèixer quins són els indicadors utilitzats per a mesurar tant la contaminació atmosfèrica com acústica dels aeroports, així com els mètodes de càlcul que s'utilitzen per a determinar el volum d'aquests estàndards en les zones aeroportuàries.

3.5.1 Indicadors de contaminació acústica.

Com és sabut, els decibels són la unitat de mesura internacional per a expressar el nivell de potència i intensitat d'un so. Tanmateix, per a mesurar la contaminació acústica que es generada dins dels aeroports, està establert un sistema molt més complex d'indicadors que tenen els Db com a unitat de mesura. Aquest sistema, definit en l'article 5 de la directiva 2002/49/CE, està basat principalment en quatre variables que representen la quantitat mitjana de decibels produïts en una franja de temps concreta. Per comprendre millor aquesta definició vegem les definicions de cada variable:

L_{day} - És el nivell sonor mig, ponderat a llarg termini, determinat per tots els períodes diürns de tot l'any (7:00-19:00*).

L_{evening} - És el nivell sonor mig, ponderat a llarg termini, determinat per tots els períodes vespertins de tot l'any (19:00-23:00*).

L_{night} - És el nivell sonor mig, ponderat a llarg termini, determinat per tots els períodes nocturns de tot l'any (23:00-7:00*).

*Els estats membres vinculats a aquesta directiva poden modificar el nombre d'hores que li corresponen a cada franja horària, i establir els períodes d'acord a la seva conveniència.

L_{den} – Aquesta és la variable per la qual les tres anteriors és relacionen entre elles. Correspon als nivell mitjà d'emissions sonores produïdes durant el dia al llarg de tot l'any i és calcula de la següent manera:

$$L_{den} = 101g \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

Figura 3.3 Fórmula del nivell dia-tarde-nit (L_{den}). Extret del Annex 1 del document oficial de la comissió europea corresponent a la directiva 2002/49/CE.

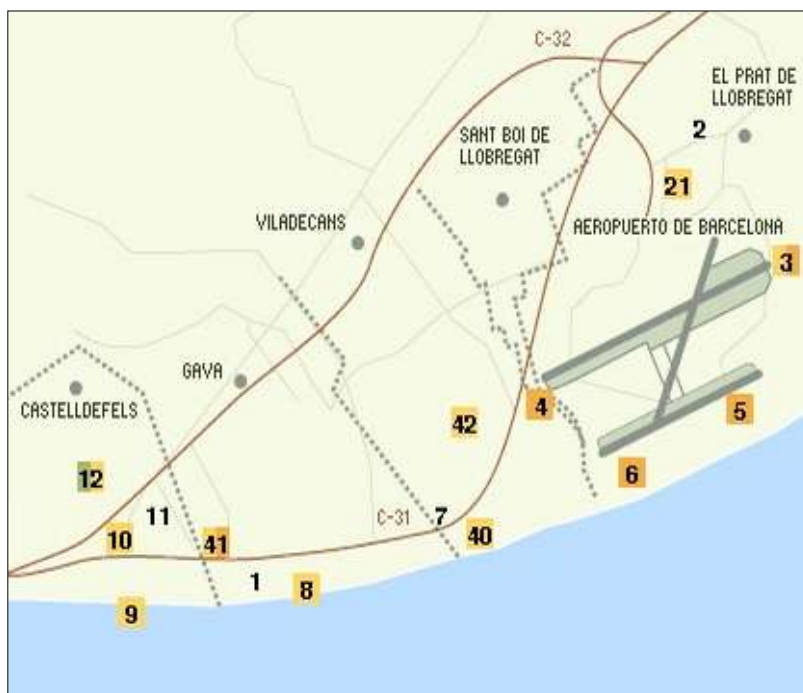
El que es pretén amb aquestes unitats de mesura diferenciades segons el període del dia, és poder conèixer d'una forma més concreta la font del problema. Quan els aeroports tenen coneixement d'aquestes dades, poden comprendre millor on han de centrar els esforços dels seus plans d'acció.

3.5.2 Mètodes de mesura de contaminació acústica

Dins de la pròpia directiva de la comissió europea referent a la contaminació acústica, podem trobar un altre annex que parla dels mètodes de càlcul dels nivells sonors. No obstant, aquest organisme proposa mètodes provisionals per a aquells estats membres que no tenen establert un sistema propi de càlcul. Aquestes fórmules de mesura proposades estan creades per la organització internacional d'estandardització, i destaca principalment la ISO 9613-2, la qual s'abasteix d'informació a partir dels procediments de càlcul ISO 8297, ISO 3744 i el ISO 3746. Però, si analitzem els procediments de mesura als aeroports de l'estat espanyol, veurem que no requereix aquests mètodes degut a que té un sistema de mesura instaurats als aeroports que sobrepassen els 50.000 passatgers anuals. Seguint en aquest exemple, cal destacar la creació del SICA per part de Aena, un base de dades capaç de gestionar la informació relativa a les emissions sonores dels diferents

aeroports estatals. Els encarregats de subministrar les dades al SICA són els sistemes d'informació de soroll (SIR), xarxes de terminals de càlcul de les emissions instal·lats al voltant de la infraestructura aeroportuària. Aquestes eines de mesura, recullen totes les emissions acústiques produïdes durant tot el dia i les envien al processador central per a que les analitzi. Els terminals de mesura, segueixen un patró de reconeixement basat en algorismes de detecció i correlacions de pas de trajectòries d'aeronaus per tal de discriminar els soroll produïts per altres fonts com ara el tràfic rodat o ferroviari, i així poder quantificar de forma independent les emissions de l'activitat aeronàutica. En la següent imatge, podem veure com a exemple la distribució de les 13 terminals de mesura del aeroport del Prat.

Figura 3.4 Distribució de les terminals de càlcul d'emissions al Aeroport de Barcelona. Extret de la pàgina web de Aena.



Com es pot observar, aquests sistemes analitzen més enllà de l'àrea aeroportuària i també mesuren la influència del pas dels avions per les localitats veïnes al aeroport per tal de realitzar els mapes de soroll dels quals en hem parlat anteriorment. Els terminals encarregats de quantificar els volums acústics de l'activitat de les pistes, i per tant, dels operadors de *ground handling*, són únicament el 3,4,5 i 6.

3.5.3 Indicadors de la qualitat del aire

Pel que fa als indicadors de la qualitat de l'aire dins dels aeroports, al igual que en l'àmbit anterior, és complicat trobar un estàndard comú per a tots els països, ja que cadascú treballa amb la seva pròpia unitat de mesura. A l'estat espanyol, trobem l'origen dels indicadors aeronàutics en matèria mediambiental en l'OBSA, l'observatori de sostenibilitat en l'aviació que ja hem donat a conèixer a la segona secció del projecte. Creada per l'empresa pública SENASA, aquesta organització és la responsable dels indicadors que mesuren les externalitats mediambientals derivades de l'activitat aeronàutica. Dels principals 10 indicadors creats sota el projecte DIATA, en destaca un centrar exclusivament en la valoració de la qualitat de l'aire dins del recinte aeroportuària. Aquest indicador, anomenat “*Emissiones de gases contaminantes en los aeropuertos: aeronaves, GSE/APU, Accesos y Aparcamientos*” té la funció d'expressar les emissions de gasos contaminants tals com CO, CO₂, NO_x, SO_x i PM que es desprenen de les següents operacions:

- Circulació dels vehicles de suport en terra a les aeronaus.
- Unitats auxiliars d'energia (APU/GPU)
- Vehicles dels usuaris que circulen pels accessos o als aparcaments.
- Activitat completa de les aeronaus (cicles LTO)

Mitjançant un sistema de quantificació com aquest es pot determinar l'estat real de la qualitat de l'aire del aeroport ja que es valoren totes les fonts d'emissions nocives i és pot valorar fàcilment l'evolució de la sostenibilitat de l'aeroport després de l'aplicació dels plans d'acció atmosfèrics.

4.4 Mètodes de mesura de la qualitat del aire

El procés per a calcular l'indicador d'emissions contaminants als aeroports està definit al manual d'indicadors de la OBSA. La metodologia de càlcul que implementa Aena en els seus aeroports, està basada amb la simulació de les emissions mitjançant el *software* EDMS (“*Emissions and Dispersion Modeling System*”). Aquest programa informàtic, actualment en la versió 4.5, va ser creat per les forces

aèries dels Estats Units juntament amb la FAA. És una de les poques eines d'avaluació de la qualitat atmosfèrica concebuda específicament per als aeroports. Disposa de mòduls independents de càlcul en emissions i en dispersions, que estan interconnectats a través d'una base de dades dividida amb dues parts: factors d'emissió de les aeronaus i factors d'emissió d'equips GSE i unitats auxiliars d'energia. A continuació mostrem el procediment de funcionament d'aquest sistema:

1. D'una banda, el EDSM considera cada tipus d'aeronau com una combinació d'una estructura més un motor. Per a cada un dels 4 modes del cicle LTO, és consideren unes variables diferents en relació a la potència dels motors.
2. Gràcies a la base de dades d'AENA anomenada CONOPER, s'obté informació de la flota d'aeronaus de les companyies i el número d'operacions anuals que realitza cada avió.
3. Un cop es coneix el nombre d'operacions, és necessari saber la proporció corresponent a cada tipus d'aeronau per tal de poder valorar correctament la quantitat de combustible cremat durant les operacions en pista.
4. A partir d'aquestes dades, es fa una valoració estimada de les emissions tenint en compte les relacions de combustible consumit amb les emissions de cada tipus de gas nociu.
5. Per l'altra banda, les emissions de les unitats auxiliars d'energia també són estimacions aproximades realitzades mitjançant la relació de factors tals com la potència, el factor de carga, el tipus de combustible consumit i fins i tot el refrigerant utilitzat.
6. En el cas de les emissions dels vehicles GSE, l'estimació de la contaminació generada es mesura a partir del temps anual de operació de cada tipus de vehicle, tenint en compte els factors d'emissions de cadascun d'aquests.
7. I finalment, pel que respecta al CO₂ que és desprèn del tràfic rodat dels accessos al aeroport i dels seus aparcaments es calcula de la següent forma:

$$\text{Emisiones (g/año)} = FE^1 \text{ (g/km)} \times \text{kilometraje (km/año)}^2$$

¹ Factor d'emissió(FE), estimació proporcional en relació al tipus de motor dels vehicles.

² Extret del manual de la OBSA corresponent al indicador número 5.

4. Situació actual de les operacions sostenibles en pista

Fins ara, tan sols hem parlat de la part teòrica del concepte de l'*environment friendly ground handling*, analitzant els factors que l'han originat i els seus principals objectius. Ara és el moment de conèixer la part pràctica, és a dir, esbrinar quines són les eines que tenen a l'abast les companyies que apliquen aquestes bones pràctiques, i el nivell de presència dins de les activitats diàries del sector.

4.1 Eines actuals al mercat per potenciar aquestes operacions.

En primer lloc, és necessari parlar de la maquinària alternativa que tenen els operadors de *ground handling* al seu abast. Les eines que s'utilitzen durant el procés del *turnaround* i de les operacions de suport en pista en general, han optimitzat les seves funcions paral·lelament a l'evolució de la tecnologia del sector. A partir de la segona dècada del segle XXI han anat apareixent moltes millores incentivades pels programes de conscienciació i també degut a la pressió que han fet les regulacions en matèria de contaminació acústica i atmosfèrica. Tot seguit, podrem obtenir una visió més profunda de totes aquestes eines que actualment fan possible l'existència i el progrés del concepte en el que es centra aquest projecte.

- **Fixed Electrical Ground Power (FEGP)**

Una de les eines destacades que els aeroports i operadors de pista més conscienciats amb el medi ambient tenen a l'abast, són els sistemes FEGP. La importància d'aquesta maquinària, està basada amb les externalitats que provoquen els components utilitzats convencionalment per al subministrament elèctric a les aeronaus. Els APUs, o alternativament els GPUs, són els majors contribuïdors d'emissions de gasos GHG al aeroport per darrera de l'activitat de les aeronaus. A més a més, la contaminació acústica que produeixen aquestes unitats és un factor molt negatiu, tant per als usuaris del aeroport com per als empleats dels operadors que treballen a les pistes.

L'alternativa real a aquest problema són els components que no utilitzen combustibles fòssils per al subministrament d'energia. Aquests sistemes són els anomenats FEGP, creats a principis del segle XXI i estesos en els últims anys entre els operadors pioners. La gran majoria d'aquest components estan instal·lats de forma fixa a les passarel·les o a les pistes, els components mòbils que hi ha actualment al mercat, considerats GPUs elèctrics, no tenen la mateixa potència que els FEGPs i per el moment tan sols s'utilitzen per als jets, ja que no són capaços de subministrar suficient energia per a engegar els avions més grans.

El funcionament d'aquests mecanismes és idèntic als convencionals, proporciona un corrent de 200v i transforma la freqüència de 60Hz a 400Hz, la única diferència és que està basat en un generador completament elèctric. A més a més, els sistemes convencionals de subministrament d'energia a les aeronaus quan estan en funcionament generen entre 80 i 90dB, mentre que els sistemes elèctrics operen sobre una mitjana de 65dB. Per tant, podem assegurar que aquesta font d'energia és completament sostenible i dona resposta a les dues externalitats dels APUs/GPUs. La implantació d'aquestes unitats d'energia representa el futur del sector del *ground handling*, únicament frenat per l'inconvenient de l'elevat cost que significa actualment realitzar el procés de substitució de la maquinària.

- **Pre-conditioned air systems (PCA)**

Tota aeronau, ja sigui durant el trajecte del vol o quan es troba estacionada a pista, necessita mantenir una temperatura interior confortable per als passatgers. Les unitats de PCA, eviten que la temperatura de la cabina pugui arribar a assolir aproximadament 50°C en tan sols 15 minuts d'estacionament a la pista. A més a més, sense la deguda ventilació de l'espai interior de l'aeronau, la concentració de CO2 seria massa elevada per als passatger i dificultaria la seva respiració.

Normalment, el subministrament d'energia es realitza mitjançant el sistema APU de l'aeronau, que és capaç de generar energia suficient per als sistemes de calefacció. Com s'ha comentat en apartats anteriors, les unitats d'energia auxiliar dels avions representen el major volum d'emissions tòxiques i contaminació acústica al aeroport, únicament per darrera de les turbines de les naus.

Naturalment, l'aire condicionat dels avions en moviment només es pot generar per mitjà d'equips d'abord (APU). No obstant, quan romanen estacionats és quan entra en joc aquesta alternativa, que permet mantenir la cabina dels passatgers a una temperatura adequada. Els sistemes PCA, tenen la funció principal de subministrar aire condicionat per a l'interior de l'aeronau en relació a les temperatures exteriors, durant el procés del *turnaround* o bé quan l'avió esta estacionat (en aquest cas només és requereix el servei en els aeroports amb les temperatures més extremes) requerint per a aquesta funció una freqüència de subministrament de 400 Hz.

Existeixen dos tipus de sistemes PCA en funció del tipus de parada que realitza l'aeronau. D'una banda, podem trobar els sistemes centrals de PCA, que estan instal·lats a les passarel·les telescòpiques dels aeroports. Aquest sistemes estan capacitats per a donar la suficient energia a un conjunt d'AHUs¹ integrats a cada un dels *fingers* de la pista. Com podem veure en la següent imatge, l'aire condicionat es genera dins del AHU i es transporta fins a l'interior de l'aparell mitjançant un tub de ventilació connectat al dispositiu de sota l'aeronau. Normalment, l'energia primària que requereixen els AHUs per al funcionament s'obté d'uns generadors que tenen el nom de *chillers*, que acostumen a estar instal·lats a sota de les pistes.

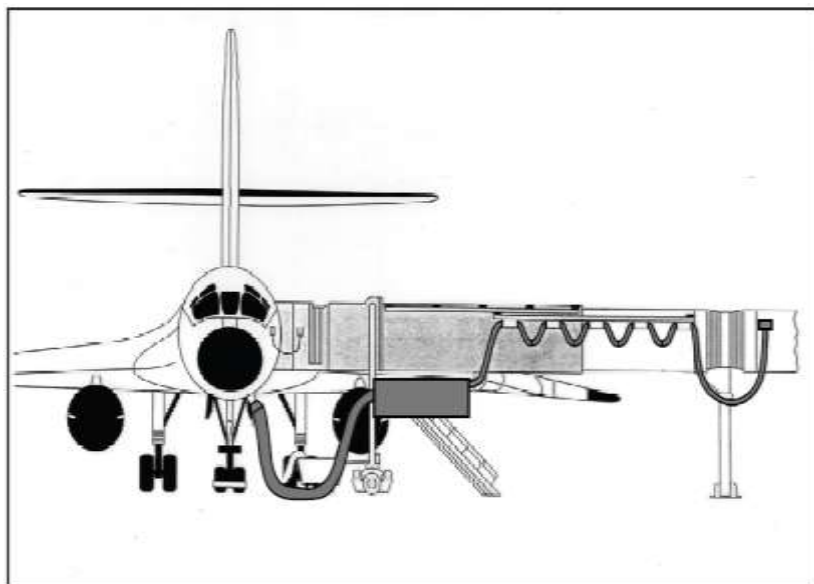


Figura 4.1 Esquema d'un sistema PCA convencional. Extret de l'*International refrigeration and air conditioning conference* de la Universitat de Offenburg.

¹ Air handler unit (AHU), és un dispositiu format convencionalment per una estructura rectangular metàl·lica que genera refrigeració o calefacció i és capaç de distribuir-la a través dels conductes gràcies a diversos ventiladors.

Presenten l'inconvenient de que tan sols es poden utilitzar quan és possible fer l'escala a una d'aquestes passarel·les. Sigui o no per aquest motiu, els PCA centrals s'acostumen a veure més als aeroports del continent europeu, tot i que les tendències estan canviant i ja s'està expandint àmpliament als altres continents. Per tal de fer front a aquest handicap, l'alternativa que tenen els operadors de *ground handling* al seu abast són els sistemes anomenats "point-of-use", que no són altra cosa que unitats mòbils de AHU que poden donar servei a qualsevol aeronau que estigui estacionada en remot. Tot i això, aquest tipus d'unitats requereixen un complement indispensable per tal de poder generar l'aire condicionat, ja que l'energia del aeroport no pot arribar a les posicions externes. Els components capaços de subministrar l'energia necessària amb una freqüència de 400Hz en posicions remotes, són els mencionats GPU. No obstant, si no s'utilitzen els FEGP com a complement, no estarem proporcionant una solució òptima en referència a les emissions nocives.

Per tant, com a conclusió, és necessari destacar que sigui quin sigui el tipus de sistema PCA utilitzat, en comparació amb els procediments APU convencionals s'assoleixen uns nivells molt més baixos emissions de substàncies tòxiques a més de reduir els nivells sonor en una mitjana de 10Db. Però, al igual que en el cas de l'eina anterior, implementar aquests sistemes suposa una inversió important per als aeroports i per als operadors.

- **Fluids de desglaç respectuosos amb el medi ambient**

Els *de-icing fluids* tradicionals, compostos per glicols d'etilè i propilè, suposen un gran problema per a aquells aeroports on les temperatures acostumen a ser baixes i es requereix el servei de desglaçament de les aeronaus de forma freqüent. Si no es controla on van a parar els residus un cop s'han utilitzat, és fàcil que penetrin a les aigües corrents i danyin el medi aquàtic. Els components químics d'aquests productes dissolen l'oxigen present als rierols i acaben amb tota la vida aquàtica. Per a fer-nos una idea del perill dels *de-icing fluids*, 3.8 litres de propilè generen la mateixa quantitat d'aigües residuals que 40 persones en un dia. Si tenim en compte que per a

preparar una aeronau es requereixen 700 litres, ens podem fer una idea de la magnitud d'aquest problema.

Un altre aspecte negatiu, és la forma en com s'obtenen aquest productes. La majoria de compostos de glicol s'obtenen a partir del petroli, desprenen una gran quantitat de CO₂, fet que representa un altre motiu per a buscar una alternativa menys perjudicial per al ecosistema.

Actualment però, és possible trobar al mercat alternatives ecològiques que ofereixen els mateixos resultats mitjançant compostos lliures de glicol i processos d'obtenció a partir de fonts alternatives als hidrocarburs. Per tant, aquestes solucions donen resposta a les dos externalitats plantejades.

Tot i aquest avenç tant important, queda molt camí per fer en aquest àmbit, ja que la gran majoria de productes ecològics existents en aquest mercat són fluids de desglaç del tipus I, és a dir, substàncies semilíquides que proporcionen únicament una protecció contra el gel a curt termini.

Un dels reptes de la indústria especialitzada en aquest sector, és el de crear en els pròxims anys fluids ecològics amb un grau de viscositat molt més elevat, per tal de poder patentar productes del tipus II. D'altra banda, l'objectiu per a aquest producte en concret al igual que els seus competidors, és fomentar l'ús d'aquests fluids per part dels operadors de *ground handling* i aconseguir que en els pròxims anys l'existència de substàncies amb composició de glicol sigui purament anecdòtica.

- **Vehicles GSE amb motors d'energia alternativa als hidrocarburs.**









Les emissions dels vehicles que circulen per les pistes realitzant tasques de suport en pista també representen un gran contribuent a la pèssima qualitat de l'aire de la zona aeroportuària. A més a més, és necessari destacar que els motors de combustió produeixen nivells sonors molt negatius per als passatgers i per als treballadors que estan a les pistes.

Actualment, els operadors tenen a l'abast un ventall força ampli de vehicles alternatius que funcionen amb energies molt més sostenibles. En la següent taula, podem conèixer quines són aquestes energies i quins avantatges i inconvenients presenten:

Tipus d'energia	Avantatges	Inconvenients
Híbrids	Reducció emissions nocives Reducció costos hidrocarburs	Cost de manteniment molt elevat Contínua sent contaminant
Gas Natural (GNC)	Reducció emissions nocives Combustible més econòmic Menor cost de manteniment	Dipòsits de grans dimensions Menor potència Font d'energia perillosa
Eléctrica	Emissions inexistents Reducció dels nivells sonors Vida útil més llarga Combustible econòmic Reducció costos operatius a ll/t	Cost dels vehicles elevat Necessària instal·lació d'infraestructures per a recarregar Necessària formació d'operaris
Hidrogen	Emissions inexistents Font d'energia natural Repostatge ràpid i senzill	En fase de desenvolupament Cost de producció del combustible

Cal destacar, que en tots els casos que hem vist, la imatge corporativa dels operadors per als usuaris es veu beneficiada, no obstant, la font d'energia alternativa més eficient és la elèctrica, si més no pel moment, ja que els vehicles amb motor d'hidrogen encara es troben en fase experimental. Tot i això, aquesta és una de les eines de l'*environment friendly ground handling* més desenvolupada i extensa entre els operadors.

El gran nombre de fabricants que hi ha al sector dels vehicles GSE fan possible que els operadors disposin d'un ventall infinit de maquinària sostenible totalment personalitzada. A continuació, a partir d'una segona taula, donem a conèixer quins són aquests vehicles que conformen la flota dels operadors de pista i quines versions ecològiques podem trobar per tal de donar cobertura total a les operacions de suport a les aeronaus d'una forma totalment neta.

Tipus de vehicle	Font d'energia alternativa	
Tractors <i>Push-Back-Tugs</i>	Elèctrics/ Híbrids	
Tractors <i>Push-Back-Tugs</i> (Towbarless)	Elèctrics/ Híbrids	
Tractors de rampa	Elèctrics/ Híbrids/ GNC	
Cintas (<i>belt loaders</i>)	Elèctriques	
Jardineras (<i>passenger busses</i>)	Elèctriques / Híbrids/ GNC	
Escaleras (<i>passenger stairs</i>)	Elèctriques	
Transportadors de pallets	Elèctrics/ Híbrids/ GNC	
Plataformes (<i>high loaders</i>)	Elèctrics	

<i>Baggage tractor</i>	Elèctrics/ Híbrids/ GNC	
Vehicle de càtering	Elèctrics/ Híbrids	
Vehicle de neteja dels serveis (lavatory vehicle)	Elèctrics / Híbrids	
Camió d'aigua potable	Elèctrics / Híbrids	
“Follow me”	Elèctrics / Híbrids	
Camió De-icing	Elèctrics / Híbrids	

Taula 4.1 Tipus de vehicles GSE.

Com es pot observar, tots els vehicles tenen la possibilitat de estar constituït per un motor elèctric sigui quina sigui la seva funció. Per tant, en aquest àmbit del problema, existeix una solució real basada en les zero emissions tant a nivell de pol·lució com a nivell de contaminació acústica.

- **Airport collaborative decision making (A-CDM)**

Tot i que no és tracta en sí mateixa d'un eina de *ground handling*, està directament relacionada amb el procés *turnaround*, ja que la seva funció principal és la de

connectar tots els actors que intervenen en l'activitat aeroportuària (principalment les aerolínies, l'ATM i els operadors de suport en terra) mitjançant la transmissió de dades a temps real entre ells. El que es pretén amb aquesta comunicació multidireccional, és coordinar perfectament totes les activitats per a millorar el rendiment dels recursos disponibles. Té un enfocament particular en el procés seqüencial de les aeronaus des del moment que estan fent l'aproximació, fins que ja han realitzat la sortida de les pistes.

Centrant-nos en l'àmbit dels operadors de pista, els beneficis de la implantació d'aquest sistema en un aeroport proporciona una solució factible als següents problemes d'operativitat:

- Pobre nivell comunicatiu actual entre els *stakeholders*.
- Baixa capacitat de reacció als canvis d'última hora.
- Ús ineficient dels recursos, tant humans com d'equipament.

Hem optat per incloure aquest software en aquesta secció, ja que el considerem com una eina del *ground handling* sostenible degut a que els seus beneficis en eficiència operacional permeten reduir la contaminació aeroportuària, encara que sigui de forma indirecta. Això s'explica amb la reducció del temps d'activitat de les aeronaus a les pistes i per tant les emissions provinents de les aeronaus es redueixen de forma parcial. Aquest iniciativa, fruit de la unió dels esforços de ACI, IATA i Eurocontrol, actualment està en fase d'expansió, però pretén ser en un futur una cultura que emfatitzi la importància de la col·laboració mundial en la planificació i la gestió del trànsit aeri per fer front al creixement del tràfic previst.

4.2 Importància de les eines dins del sector del *ground handling*.

En aquets segon punt, volem donar a conèixer l'extensió que tenen actualment aquestes eines entre els seus usuaris, és a dir, gestors aeroportuaris i responsables dels operadors de suport en pista. El que pretenem amb això, és entendre la situació real de conscienciació entre el sector del *ground handling* i veure quines són les eines

sostenibles més utilitzades i quines són les que encara estan en fase d'implantació. Ja que és molt difícil donar a conèixer una per una la situació dels milers de companyies de suport en terra que hi ha món, explicarem quines companyies han estat les més influents en cada tipus d'eina.

- **Fixed Electrical Ground Power (FEGP)**

Aquesta és una de les eines més extenses entre els operadors de pista per dos motius. Per una banda és el factor més regulat per les entitats aeronàutiques actualment, i per l'altra, és l'eina que pot aportar els majors beneficis, tant econòmic com ecològics. No obstant, el mercat dels generadors d'energia elèctrics per a l'aviació no és gaire ampli, ja que està repartit entre els principals fabricants, Axa i Hitzinger. Grans companyies que han renovat la seva maquinària per una de més ecològica, com per exemple Air Asia, American Airlines o DHL, són clients dels fabricants mencionats.

Centrant-nos en el continent europeu, cal destacar que aquesta eina està extensa d'una forma molt desigual, ja que hi ha països on tots els seus aeroports disposen de sistemes auxiliar que funcionen amb electricitat, i d'altres que encara no han potenciat aquesta iniciativa. A dalt de tot hi trobem al regne unit, gràcies a l'acció de British Airways, que té implantat un programa de substitució dels GPU molt interessant. En l'altre costat de la balança podríem trobar països com Espanya, on els FEGP no suposen ni un 2.5% del total d'unitats d'energia auxiliar. És evident que aquest fet s'explica fàcilment quan observem les regulacions en aquest àmbit que té cada un dels estats membres de la UE.

- **Sistemes PCA elèctrics**

Al igual que la seva principal eina complementària, els FEGP, aquest tipus de maquinària encara no gaudeix de la mateixa popularitat als aeroports que la resta d'eines, tan sols en les infraestructures capdavanteres en temes mediambientals disposen de sistemes de subministrament d'aire condicionat. La raó d'aquest fet es deu principalment als elevats costos d'instal·lació que presenten, ja que és una de les

eines més cares. A més a més, cal destacar que aquesta inversió moltes vegades és responsabilitat dels propis aeroports, ja que els PCA que van instal·lats a les passarel·les formen part de la pròpia infraestructura. A Europa, es poden veure aquestes instal·lacions als aeroports més desenvolupats en aquest àmbit, especialment a Alemanya i al Regne Unit. No obstant, l'altre tipus de PCA elèctrics, les unitats mòbils que permeten donar suport a les aeronaus en posició de remot, són eines més assequibles que poden ser adoptades pels operadors fàcilment. Tot i això, és evident que aquesta eina s'estendrà per la majoria d'aeroports en els pròxims d'anys ja que és un punt clau per a complir amb els requisits mediambientals que han marcats les entitats regulatòries.

- **Fluids de desglac respectuosos amb el medi ambient**

Tot i no ser l'eina més extensa en el sector (degut a la seva recent creació), hi ha moltes companyies que l'estan adoptant en les seves pràctiques actualment. A continuació, mostrarem els actors més importants els quals considerem que han fet possible la creació i l'extensió d'aquestes bones pràctiques:

Killfrost és una companyia internacional especialitzada amb fluids de desglac per a tots els mitjans de transport. Dins del sector de l'aviació, va estar la primera en patentar un fluid del tipus I derivat de productes naturals, convertint-se així amb tot un pioner en aquest mercat, ja que actualment està present a la majoria d'aeroports.

Baltic ground services. Aquest operador que dona servei principalment als aeroports de Lituània i Polònia, és un pioner en els processos de desglacament de les aeronaus. Ha estat la primera companyia de *ground handling* europea en desenvolupar el seu propi fluid ecològic. Es tracta d'un producte innovador, ja que es va començar a utilitzar durant el passat hivern. Un exemple d'aquests productes és el *Defrosol ADF*, un líquid anticongelant creat a partir de materials naturals de fonts renovables. Aquest producte, certificat al maig del passat any, va ser utilitzat de forma pionera durant la temporada hivernal de 2013/2014 per aquesta companyia.

Lambert St Louis. El principal aeroport de l'estat de Missouri, va ser el primer aeroport dels Estats Units en utilitzar substàncies de desglaç que no contenen glycol. Aquest fet és va produir durant el hivern de 2012/2013, fet que demostra que a Nord Amèrica estan més avançats en aquest àmbit, degut principalment a les fortes pressions del EPA i de la FAA. Avui en dia més de 40 aeroports del país disposen d'aquests tipus de productes.

- **Vehicles GSE elèctrics**

Els vehicles que ajuden a realitzar les operacions de suport en pista que funcionen amb motors totalment elèctrics, representen una de les primeres eines que van aparèixer sota el concepte en el que es centra aquest projecte, concretament a les acaballes de la dècada dels anys 80. Gràcies als anys d'avantatge respecte les altres eines, el mercat dels vehicles GSE elèctrics és un dels més competitius, ja que podem trobar més de 60 fabricants tan sols a Europa. No obstant, aquesta dada també s'explicaria degut al fet que és l'àmbit que engloba una varietat de productes més àmplia, i no tots aquests fabricants disposen d'una oferta completa de maquinària GSE. Un dels fabricants europeus que alhora és considerat un dels més importants a nivell mundial és *Charlotte*, un fabricant francès present a la majoria d'aeroports i que subministra a operadors dels 5 continents.

Des del punt de vista de les companyies de serveis de *handling*, podem destacar la moderació del procés de canvi a una energia totalment neta. Aquesta velocitat de transició discreta és deu als efectes de la crisi econòmica actual, especialment en un sector on es treballa amb uns marges força reduïts. Però, d'altra banda es veu revifada per l'incentiu que suposen les regulacions atmosfèriques i acústiques als aeroports que hem conegut anteriorment. Tot i això, les grans companyies també opten per dur a terme el canvi, ja que milloren la seva imatge corporativa. Un exemple d'això, és l'operador de pista Swissport, que està duent a terme un programa de substitució de tots els vehicles de *handling* que té com a objectiu posseir una flota totalment elèctrica com a màxim d'aquí a 10 anys.

Des de l'altre punt de vista, hi ha molts aeroports que actualment realitzen plans de transició a energies sostenibles. A nivell estatal, és necessari destacar el projecte d'Aena sota el nom de “Aeropuerto verde” que es basa en substituir els vehicles de combustió de pista que té al seu abast.

- **Airport collaborative decision making (A-CDM)**

Aquesta iniciativa nascuda de les principals entitats europees del sector de l'aviació que va arrencar als principis de l'any 2000, s'ha anat expandint pels aeroports del continent d'una forma gradual. Tot i que molts aeroports és mostren recíprocs a implementar aquest sistema de comunicació operacional, els gestors dels principals aeroports europeus tenen acords amb Eurocontrol per a implementar aquesta eina en els pròxims anys. Amb el mapa que trobem a continuació, podem comprendre l'evolució del A-CDM durant els 11 primers anys. S'observa com tan sols 5 aeroports, els marcat de color verd, tenien l'eina completament integrada en les seves operacions diàries. Actualment però, tots els aeroports que estan marcats ara de color blanc o blau ja el tenen implementat.

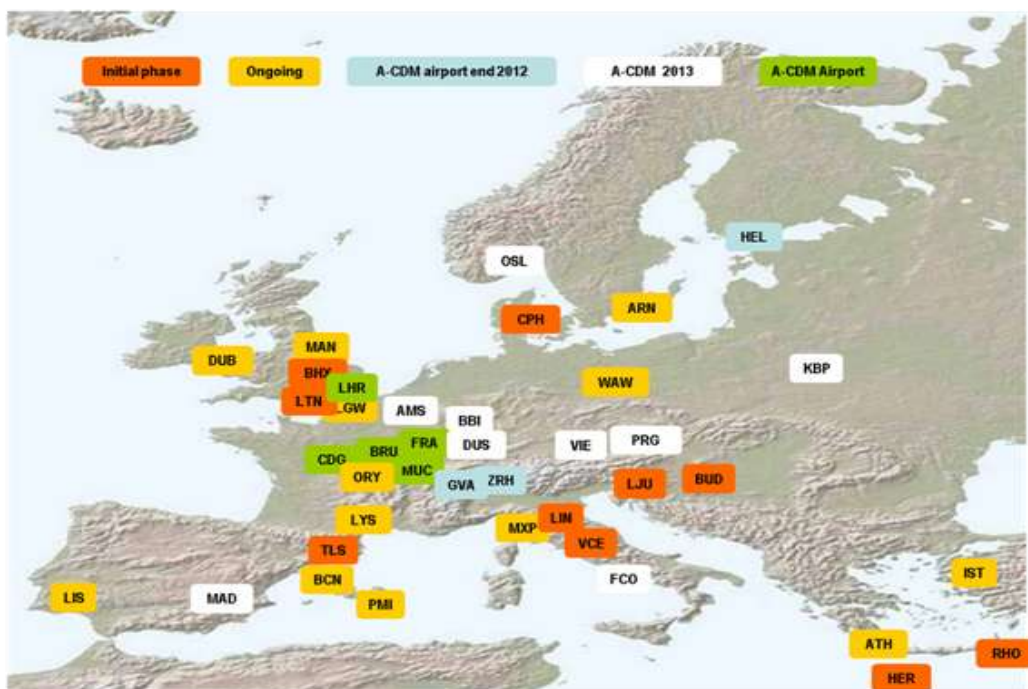


Figura 4.2 Representació de la situació al 2011 de l'extensió del A-CDM a través del territori europeu. Extret de la pàgina web de l'organització MetaCDM.

5. Abast del *environment friendly ground handling*

Ja coneixem totes les eines que han nascut sota aquest concepte tant concret de l'aviació, però, arribats a aquest punt, és necessari conèixer fins a quin punt pot resultar útil l'aplicació d'aquestes bones pràctiques. El que pretenem en aquesta secció, és mostrar l'abast de les eines que disposen actualment els operadors de pista que decideixen adherir-se a aquesta gran iniciativa a favor del medi ambient. A continuació, realitzarem l'anàlisi d'aquest abast a partir d'alguns casos reals del sector. És important adonar-se que ho hem dividit en dos parts degut a que els beneficis de les eines *environment friendly* tenen dos enfocaments totalment diferents, per una banda representen un benefici per a la societat i per l'altra un benefici per a les pròpies companyies que adopten aquest concepte.

5.1 Reducció del impacte mediambiental.

Evidentment, la part més important de la implementació de les eines mencionades al capítol anterior, no es altra que aquesta, la reducció de el impacte sobre el medi i les persones. Ja sigui per la reducció de les emissions nocives que afecten la qualitat del aire o per el nivell de contaminació acústica, els beneficis d'aquestes eines tenen un gran poder per a capgirar la situació i podem assegurar que jugaran un paper clau per a la sostenibilitat als aeroports en els pròxims anys. En aquesta secció intentarem mostrar de la forma més fidel possible, el paper que té cada component de la maquinària de *ground handling* sota el concepte en el qual es basa aquest projecte.

Abans de parlar del nivell de reducció que poden proporcionar les eines alternatives, primer és necessari conèixer les dades que representen la mida real del problema, és a dir, els mètodes tradicionals com ara l'activitat de les unitats APU. Com ja s'ha comentat anteriorment, aquest dispositiu del les aeronaus és el principal factor de contribució a la contaminació degut a que es crema jet fuel i se'n desprenen un gran nombre de substàncies nocives que afecten directament a la qualitat del aire, sense deixar de banda els problemes del soroll generat. Tot seguit mostrem una estimació del volum de contaminació que provoca aquest component de les aeronaus:

	Fuselatge <i>Medium</i>	Fuselatge <i>Heavy</i>
Crema de combustible	1.78 kg/min	4 kg/min
Emissions NO_x	15.6 g/min	32 g/min
Emissions HC	0.67 g/min	2.14 g/min
Emissions CO	6.89 g/min	2.8 g/min
Emissions CO₂	4.95 kg/min	11.14 kg/min
Emissions PM	0.56 g/min	0.54 g/min
Contaminació acústica	80dB	90dB

Taula 5.1 Dades relatives al consum i les emissions de les unitats APU. Informació extreta del cas d'estudi del aeroport de Zagreb.

La primera columna, fa referència a aquelles aeronaus de dimensions inferiors que tenen una autonomia per sota dels 8.000km. I a l'altra columna, podem veure les dades relatives a avions com per exemple un A330, A340, A380, B747, B777, etc. Tenint en compte que es tracta de dades estimades de consum per cada minut de funcionament, aquesta informació ens permetrà fer una valoració aproximada del estalvi ecològic que suposa utilitzar les eines alternatives com els sistemes GPU, FEGP o PCA.

❖ Ground power units (GPU)

Tot i que no és l'alternativa real al problema, l'ús dels sistemes d'energia auxiliar convencionals permet reduir les emissions considerablement degut al seu consum de combustible inferior. Hi ha un gran nombre de tipus de GPU, però tots estan situats sobre el mateix nivell de contaminació, tant en l'àmbit mediambiental com en l'acústic. En la següent taula podem veure el volum d'emissions mig d'aquesta eina:

	GROUND POWER UNITS	Estalvi respecte APU ¹
Crema de combustible	1.8 l/min	-2.2 kg/h
Emissions NO_x	1.67 g/min	-30.3 g/min
Emissions HC	0.13 g/min	-2.01 g/min

¹ Hem estimat les dades de consum en relació a una operació de suport a una aeronau *long-haul*.

Emissions CO	0.05 g/min	-2.3 g/min
Emissions CO₂	5.01 kg/min	-6.53 kg/min
Emissions PM	0.09 g/min	-0.45 g/min
Contaminació acústica	75dB	-15dB

Taula 5.2 Dades relatives al consum i les emissions de les unitats GPU. Informació extreta del cas d'estudi de l'aeroport de Zurich.

A simple vista ja podem observar la importància de fomentar l'ús de eines alternatives com aquesta. No obstant, aquests sistemes auxiliars funcionen amb diesel o jet fuel, fet que provoca que les emissions nocives no s'eliminen completament de l'àrea aeroportuària.

❖ Fixed electrical ground power (FEGP)

Els sistemes auxiliars d'energia que s'abasteixen a través del subministrament elèctric són l'eina substitutiva idònia per a evitar el funcionament de l'APU. Ja siguin aquests sistemes fixos, o les unitats mòbil que encara han de desenvolupar noves millores, aquesta maquinària està creada per a que en un futur sigui l'únic mitjà d'energia auxiliar de les aeronaus, degut a que és capaç de treballar amb zero emissions. Tot seguit, mostrem les seves estadístiques de consum i la comparativa amb les eines descrites anteriorment:

	FEGP	Estalvi (GPU)	Estalvi (APU)
Consum	1.49kwh/min ¹	-1.8 kg/min	-4 kg/min
Emissions NOx	0	-1.67 g/min	-32 g/min
Emissions HC	0	-0.13 g/min	-2.14 g/min
Emissions CO	0	-0.05 g/min	-2.8 g/min
Emissions CO₂	0.57 kg/min	-4.44 kg/min	-10.57 kg/min
Emissions PM	0	-0.09 g/min	-0.54 g/min
Contaminació acústica	<65dB	-10dB	-25dB

Taula 5.3 Dades relatives al consum i les emissions de les unitats FEGP. Informació extreta de la web de la companyia AXA.

¹ Considerem una unitat convencional amb 90kw de potència.

És necessari afegir, que els sistemes FEGP no emeten cap tipus de substància nociva al aire mentre estan operant, no obstant hem de tenir en compte els perjudicis per al medi ambient derivats de la producció de l'energia elèctrica de la que es nodreixen aquests components del *ground handling*. És molt complicat fer una estimació de la contaminació generada al produir un kwh si l'energia prové de diferents fonts, així que hem considerat les dades de la xarxa suïssa que ens proporciona el cas estudi de Zurich.

❖ Pre-conditioned air (PCA)

Els sistemes que s'encarreguen de proporcionar aire condicionat a l'interior de les cabines de les aeronaus, és el segon punt determinant per a reduir dràsticament la pol·lució als aeroports. No obstant fer una valoració del consum d'aquests components és realment complicat degut a que l'energia necessària per al seu funcionament va en funció de la potència de treball, és a dir, que el consum va en funció del nivell de temperatura que volem proporcionar. Diem que és una tasca complicada, perquè la temperatura del aire que volem generar està directament relacionat amb el clima exterior del moment. Per tant, hem intentat fer una aproximació mitjana tenint en compte que els motors funcionen sempre a la meitat de la seva capacitat, per intentar simular un consum mig dels generadors. En la taula que trobem a sota, podem observar les dades d'aquesta estimació segons el tipus de PCA del que poden disposar els operadors de *handling*:

	Funció	Consum	Emissions CO ₂	Soroll
Instal·lacions fixes PCA	Calefacció	3.16kwh/min	1.21 kg/min	70
	Aire condicionat	3.75kwh/min	1.44 kg/min	
PCA mòbil (elèctric)	Calefacció	6.05kwh/min	2.33 kg/min	70
	Aire condicionat	7.42kwh/min	2.84 kg/min	
PCA mòbil (diesel)	Calefacció	2.88 l/min	8.02 kg/min	85
	Aire condicionat	3.67 l/min	10.22 kg/min	

Taula 5.4 Dades relatives al consum i les emissions de la maquinària PCA. Informació extreta de la web de la companyia Unitron i del document resum de la International refrigeration and air conditioning conference de la Universitat de Offenburg.

Com podem observar a la taula, tenint en compte aquestes estimacions és més rentable ecològicament utilitzar les unitats mòbil de PCA. Però, hem de entendre que les unitats mòbils al tenir menys potència, necessiten més temps per emplenar el volum sencer de la cabina amb aire condicionat. A més a més, és important valorar que aquestes unitats han de ser arrastrades mitjançant algun vehicle de pista, per tant possiblement les emissions totals d'utilitzar aquesta maquinària acabi sent superior a la dels sistemes fixos de climatització instal·lats a les passarel·les. Tot i això, el punt important és eliminar totalment l'ús de les unitats que funcionen amb generadors dièsel, ja que són molt contaminants i produeixen un 20% més de soroll.

❖ Substàncies *de-icing*

Tot i que es tracta d'una eina poc comú a les pistes del nostre país, aquests productes són molt importants als països que no tenen un clima tan càlid durant l'any. Als aeroports d'aquests territoris de baixes temperatures, aquest és un punt molt important per a millorar la qualitat de l'aire i especialment per a evitar la contaminació de les aigües pròximes al recinte aeroportuari. Com hem comentat el la secció anterior a aquesta, per el moment el sector químic centrat en el *ground handling* només a estat capaç de desenvolupar un líquid ecològic del tipus 1, per tant, ens centrarem en fer la comparativa únicament d'aquest producte.

Els *de-icing fluid type I*, són substàncies químiques formades per una combinació d'aigua amb almenys un 80% de glicol i un 1% de additius tòxics com ara inhibidors de corrosió, retardants de flama, espessidors que protegeixen superfícies de l'aeronau i permetre obtenir períodes de protecció contra el glaç més llargs. No obstant, també hem de tenir en compte que aquests components a l'hora de ser aplicats és dissolen en un 50% d'aigua, fet que significa que el volum final de glicol sigui del 40% aproximadament.

La forma més comú de quantificar l'externalitat que representa l'ús dels líquids de desglaç convencionals, és mesurar el seu BOD, és a dir, la seva demanda bioquímica d'oxigen. Aquesta unitat de mesura quantificada en 5 dies, permet conèixer l'abast del perill que suposen aquestes substàncies per a les aigües corrents determinant el volum d'aigua susceptible a ser oxidada. A continuació, podem veure la comparativa

dels líquids de tipus I compostos per glicol i els que utilitzen solucions alternatives com ara acetat de potassi o acetat de sodi:

Component	BOD _{5day} (grams/litre)
Glicol de propilè	730
Glicol d'etilè	400
Acetat de potassi	320
Propanodiol	240
Acetat de sodi	100

Taula 5.5 *Perjudici dels components nocius dels de-icing fluids sobre les aigües corrents. Extret del informe de Larry Gray “Aircraft Deicing and Anti-Icing Fluid Storm Water Runoff Control Technologies”*

D'altra banda, un aspecte important a analitzar d'aquesta eina de les operacions de suport en pista, és el mètode d'obtenció en el que està basat. Com ja hem comentat anteriorment, moltes d'aquestes substàncies s'obtenen a partir del petroli, fet que contribueix a generar emissions de CO₂ a l'atmosfera. *Killfrost*, una de les companyies pioneres en aquest sector, produeix un glicol 100% biològic a partir del blat de moro. Aquesta substància, anomenada propanidol, continua sent perjudicial per a les aigües, però permet reduir considerablement les volum de CO₂ derivat del procés d'obtenció. Com podem veure a la taula que tenim a sota, les emissions de diòxid de carboni es poden arribar a reduir gairebé un 60%:

Component	Emissions (kg CO ₂ /kg producte)
Propanidol (petroli)	5.0
Glicol de propilè	3.75
Propanidol (blat de moro)	2.18

Taula 5.6 *Emissions de CO₂ derivades dels processos d'obtenció de diferents substàncies anticongelants. Extret de la conferència d'Ohio sobre la gestió dels processos de desglaç als aeroports.*

Com podem observar, l'obtenció d'un producte desglaçant a partir d'un procés totalment natural és possible, i permet rebaixar considerablement el volum de CO₂ generat. A més, com hem vist a la taula 5.5, l'oxidació a l'aigua del propanidol és de les més baixes. Per tant, l'ús de productes naturals per a tasques dirigides a combatre el glaç de les aeronaus i de les pistes, és vital per a contribuir al progrés de les bones pràctiques entre els operadors de *ground handling*.

❖ Vehicles de GSE

Tot i que la contribució dels motors de combustió d'aquest vehicles a la degradació de la qualitat del aire dels aeroports és insignificant en comparació amb els dispositius d'energia auxiliar i d'aire condicionat, el volum d'emissions nocives derivades és força elevat tenint en compte el gran nombre d'operacions que és succeeixen al llarg del dia a les pistes. Així mateix, també cal considerar la participació d'aquests mitjans terrestres de suport al elevat nivell de dB que representen un gran externalitat per a la infraestructura aeroportuària. Tot seguit, mostrarem quantitativament aquestes contribucions negatives vinculades a la circulació per les pistes dels vehicles dels operadors de *handling*.

Tipus de vehicle	Consum diesel (litres/h)	Emissions CO ₂ (kg/h)
Tractor <i>Push-back</i>	16	44.5
Tractor <i>Push-back</i> (towbareless)	32	89.14
<i>Baggage tractor</i>	8	22.28
Cintas (<i>belt loaders</i>)	6	16.71
Jardineras (<i>passenger busses</i>)	15	41.78
Escaleras (<i>passenger stairs</i>)	9.5	26.46
Transportadors de pallets	8	22.28
Plataformes (<i>high loaders</i>)	10	27.85
Vehicle de càtering	14	39
Vehicles de neteja (<i>Lavatory trucks</i>)	11	30.64
Camió d'aigua potable	14	39
Refuelling truck	18	50.14

“Follow me”	5	13.92
De-icing truck	19	52.92

Taula 5.7 Dades relatives al consum de carburant i les emissions de CO₂ dels vehicles GSE convencionals. Extret de el cas estudi de l'aeroport de Zurich.

Com podem veure, de forma individual no representen un problema gran, però vist com un conjunt, els vehicles GSE de totes les companyies i operadors presents al aeroport requereixen ser substituïts per eines més respectuoses amb el medi ambient. Aquestes solucions, com ja hem comentat al capítol anterior, són els vehicles que funcionen amb motors d'energia alternativa, especialment els que són totalment elèctrics. A continuació, veurem les estadístiques de consum i emissions dels principals vehicles GSE elèctrics que es troben avui en dia a les pistes:

Tipus de vehicle	Consum Kwh	Emissions CO ₂ (kg/h)
Tractor <i>Push-back</i>	105	40.42
Tractor <i>back truck</i> (towbareless)	230	88.55
<i>Baggage tractor</i>	49.6	19.09
Cintas (<i>belt loaders</i>)	35	13.47
Jardineras (<i>passenger busses</i>)	100	38.5
Escaleras (<i>passenger stairs</i>)	50	19.25
Transportadors de pallets	45	17.32
Plataformes (<i>high loaders</i>)	60	23.1
Vehicle de càtering	84	32.34
Vehicles de neteja (<i>Lavatory trucks</i>)	65	25.05
Camió d'aigua potable	70	26.95
Refuelling truck	95	30.8
“Follow me”	30	11.55
De-icing truck	110	42.35

Taula 5.8 Dades relatives al consum de carburant i les emissions de CO₂ dels vehicles GSE elèctrics. Extret de les webs de diversos fabricants de GSE.

En aquest cas, hi ha certs vehicles que no suposen una reducció dràstica de les emissions de CO₂ com la que hem vist en alguns casos anteriors. Però, aquest petit marge de diferència es fa notar quan analitzem el consum anual dels operadors de pista. D'altra banda, no hem tingut en compte les emissions sonores dels vehicles de combustió, que estan situats sobre els 70dB, mentre que els vehicles elèctrics poden arribar a emetre una mitjana de 50-60dB.

Tot i que cal recordar que aquestes dades són estimacions aproximades obtingudes a partir de diversos casos d'estudi i informació dels fabricants d'aquest sector, el consum i les emissions de la maquinària de suport en pista pot variar moltíssim depenent del model de producte que estem utilitzant. No obstant, hem volgut mostrar aquesta informació per a comprendre l'abast que pot arribar a tenir, substituir qualsevol eina de treball de *handling* convencional. També és important tenir en compte que aquestes tipus de pràctiques són relativament noves, i que un gran nombre de les eines nascudes sota el concepte que estem estudiant, encara han de progressar per a obtenir el màxim rendiment i separar-se cada cop més de les externalitats derivades dels seus antecessors.

Abans d'acabar, és necessari comentar que no hem inclòs l'ACD-M en aquest apartat degut al fet de que és molt complicat expressar les dades d'estalvi energètic que suposa, ja que depèn de molts de factors, a banda de perquè no la poden considerar una eina únicament del *ground handling*. Tot i això, aquesta eina de coordinació serà molt important en un futur ja que permetrà estalviar milers de tones de CO₂, de fet els aeroports que ja el tenen completament implementat han aconseguit reduir en gran part les emissions generades per les operacions ineficients.

5.2 Relació con la reducció de costos

Una vegada hem aconseguit tenir una idea de l'abast del *ground handling* sostenible, és moment d'analitzar aquest concepte des del punt de vista econòmic. Deixant de banda que aquest punt de vista no proporciona cap benefici monetari per als usuaris del aeroport ni per al medi ambient, és important estudiar-lo per comprendre l'incentiu que pot suposar un estalvi de costos per als operadors de pista. Tot seguit, mostrarem les diferències en els costos variables que hi ha entre el model convencional i el model *environment friendly*.

Eina GSE	Consum (l/min)	Cost ¹ (€)
APU	4 ²	2,19 ³
GPU	1.8	2,35
PCA (diesel) (H)	2.88	3,77
PCA (diesel) (C)	3.67	4,80
Tractor <i>Push-back</i>	0.26	0,34
<i>Push-back</i> (towbareless)	0.53	0,69
<i>Baggage tractor</i>	0.13	0,17
Cintas (<i>belt loaders</i>)	0.1	0,13
Jardineras (<i>passenger busses</i>)	0.25	0,32
Escaleras (<i>passenger stairs</i>)	0.16	0,20
Transportadors de pallets	0.13	0,17
Plataformes (<i>high loaders</i>)	0.17	0,22
Vehicle de càtering	0.23	0,30
Vehicles de neteja	0.18	0,23
Camió d'aigua potable	0.23	0,30
Refuelling truck	0.3	0,39
"Follow me"	0.08	0,10
De-icing truck	0.31	0.40

Taula 5.9 Despeses de consum del model de *ground handling* convencional.

¹ Preu mitjà del diesel a Espanya al mes de juny – 1.31€/l

² El consum és de jet fuel.

³ Preu de jet fuel a 10 de juny de 2014 2.08€ per gallon.

Eina GSE	Consum (Kwh/min)	Cost (€) ¹
FEGP	1.49	0,17
Instal·lació PCA (H)	3.16	0,36
Instal·lació PCA (C)	3.75	0,43
PCA mòbil (H)	6.05	0,68
PCA mòbil (C)	7.42	0,84
Tractor <i>Push-back</i>	1.75	0,20
<i>Push-back</i> (towbareless)	3.83	0,44
<i>Baggage tractor</i>	0.82	0,09
Cintas (<i>belt loaders</i>)	0.58	0,06
Jardineras (<i>passenger busses</i>)	1.67	0,19
Escaleras (<i>passenger stairs</i>)	0.83	0,09
Transportadors de pallets	0.75	0,08
Plataformes (<i>high loaders</i>)	1	0,11
Vehicle de càtering	1.4	0,16
Vehicles de neteja	1.08	0,12
Camió d'aigua potable	1.16	0,13
Refuelling truck	1.58	0,18
"Follow me"	0.5	0,05
De-icing truck	1.83	0,21

Taula 5.10 *Despeses de consum del model environment friendly ground handling.*

Com podem observar, moltes de les eines de GSE elèctriques que substitueixen les funcions de la maquinària de combustió convencional tenen un cost de consum inferior en més del 100%. Tot i que les dades de consum poden variar molt depenent de l'ús que n'estem fent de les eines de treball, aquesta informació estimada ens permet comprendre la millora econòmica que pot significar adherir-se a aquestes bones pràctiques de la indústria del *ground handling*. A continuació, veurem una comparativa entre els costos variables de cada model, per a veure de forma més clara l'estalvi que pot suposar la substitució de la maquinària.

¹ Hem estimat el preu de 0.114€ per Kwh industrial.

GSE	Cost (€/min)	Estalvi (€/min)	Cost (€/min)	eGSE
APU	2.19	-2.12	0.17	FEGP
GPU	2.35	-2.18		
PCA (diesel) (H)	3.77	-3.41	0.36	Instal·lació PCA (H)
		-3.54	0.23	PCA mòbil (H)
PCA (diesel) (C)	4.80	-4.37	0.43	Instal·lació PCA (C)
		-4.48	0.32	PCA mòbil (C)

Taula 5.11 Comparativa maquinària d'energia auxiliar a l'aeronau i sistemes PCA.

Eina GSE	Cost (€) Model convencional	Cost (€) Model ecològic	Estalvi de costos (€/min)
Tractor <i>Push-back</i>	0,34	0,20	-0.14
<i>Push-back</i> (towbareless)	0,69	0,44	-0.25
<i>Baggage tractor</i>	0,17	0,09	-0.08
<i>Cintas (belt loaders)</i>	0,13	0,06	-0.07
<i>Jardineras (passenger busses)</i>	0,32	0,19	-0.13
<i>Escaleras (passenger stairs)</i>	0,20	0,09	-0.11
Transportadors de pallets	0,17	0,08	-0.09
Plataformes (<i>high loaders</i>)	0,22	0,11	-0.11
Vehicle de càtering	0,30	0,16	-0.14
Vehicles de neteja	0,23	0,12	-0.11
Camió d'aigua potable	0,30	0,13	-0.17
Refuelling truck	0,39	0,18	-0.21
"Follow me"	0,10	0,05	-0.05
De-icing truck	0.40	0,21	-0.19

Taula 5.12 Comparativa vehicles GSE.

És evident, que les companyies es poden estalviar molts del seus costos diàris sorgits del funcionament de la maquinària GSE, però en aquestes taules no hem tingut en compte la inversió inicial que han de fer els operadors per a substituir les eines de treball. El moment en que es comencin a generar beneficis, vindrà determinat per el preu de compra de la maquinària, que acostuma a ser superior, i d'altra banda per l'estalvi que suposa diàriament no utilitzar combustibles fòssils. Tenint en compte la pàgina anterior, és lògic que els operadors i els aeroports siguin partidaris de potenciar la substitució de les eines d'energia auxiliar i els PCA, ja que la diferència de costos variables és molt gran.

Aquests beneficis, suposen un incentiu molt interessant per a aquells operadors i aeroports que s'estan mostrant inactius davant l'expansió que viu el sector en relació a les mesures respectuoses amb el medi ambient. A més a més, també podríem considerar beneficiós la bona imatge corporativa que suposa adherir-se a la proposta de l'*environment friendly ground handling*. Possiblement per als passatgers no, però per als usuaris reals d'aquests serveis, companyies de vol i aeroports, és un punt a favor que pot significar un avantatge competitiu per al operador de pista.

Finalment, és important assenyalar que l'abast d'aquestes eines anirà engrandint-se a mesura que la indústria de components per al *ground handling* augmenti els esforços dedicats a propostes centrades en la reducció de les emissions i els preus de la maquinària estiguin més igualats amb el de les eines convencionals.

6. El futur del sector del *ground handling*.

Tot i que és molt complicat determinar quin és el futur d'un sector tan dinàmic com aquest, en la següent secció intentarem intuir les tendències que es preveu que es seguiran en els pròxims anys en les operacions aeroportuàries lligades al concepte que estem estudiant. El que pretenem, és fer entendre cap a on avança el sector valorant en tot moment els problemes que se'n deriven de les activitats a les pistes. Tenint en compte que no tenim el propòsit de fer prediccions del que passarà, ja que no pretenem mostrar el creixement del volum d'operacions estimat o altres dades numèriques, tot seguit mostrarem els punts clau que creiem marcaran els esforços del *ground handling* i la comunitat aeronàutica en les següents dècades.

- ***Environment friendly ground handling operations.***

Evidentment, un dels punts determinants per al progrés d'aquest sector, és la filosofia de treball de l'*environment friendly* que hem analitzat en aquest projecte. El futur passa per potenciar l'ús de les eines que proporciona aquest concepte, aconseguint que siguin presents a tots els aeroports del món. A més a més, s'ha de continuar millorant la maquinària existent i invertint en recerca i desenvolupament per a obtenir mètodes i eines de treball més eficients que les actuals en la lluita contra la contaminació. Gran part dels components que hem descrit en les seccions anteriors, encara estan situats en la fase de millora, ja que no assoleixen el rendiment dels seus substitutius tradicionals. La responsabilitat de que aquestes accions es duguen a terme, és principalment dels operadors i dels aeroports, que han de fer grans inversions en infraestructures sostenibles com les xarxes de FEGP i els sistemes de PCA instal·lats als *fingers*. Aquest esforç no és un objectiu fàcil d'aconseguir, ja que també depèn de la incentivació de les normatives regulatòries del sector, que com ja hem comentat, és necessari que siguin més impositives per a que els països menys receptius, contribueixin a mitigar els problemes derivats d'un sector amb unes previsions de creixement com aquest.

- **Softwares d'optimització operacionals.**

Deixant de banda el fet obvi de que el futur del sector passa per desenvolupar i estendre el concepte de les operacions en pista respectuoses amb el medi ambient, també és important destacar en aquesta secció, altres aspectes que jugaran un paper clau com ara els softwares d'optimització, semblants al que hem plantejat en la secció posterior a aquesta. Aquestes eines, estan presents a múltiples àrees de treball de l'aviació, on proporcionen la solució més eficient en cada situació. No obstant, en el futur, s'ha de treballar per a optimitzar encara més els processos aeroportuaris per reduir al mínim el temps dels avions a les pistes. D'altra banda, s'ha d'introduir la reducció d'emissions de gasos contaminants com a principal variable al problema, és a dir, buscar solucions òptimes que minimitzen els danys mediambientals de les aeronaus. Tot i que nosaltres hem desenvolupat únicament el software de forma conceptual, creiem que serà una proposta similar la que acabarà gestionant l'eficiència de les operacions de les aeronaus i els operadors a les pistes. Per tant, tenint a l'abast les eines de *ground handling* adients i utilitzant en tot moment softwares d'optimització operacionals, en un futur el problema de les emissions podrà arribar al mínim irreductible. Aquest percentatge residual de gasos contaminants, només serà eliminat quan la indústria sigui capaç de crear aeronaus que funcionin amb energies alternatives totalment netes, fet que probablement encara queden molt anys per a que es produeixi.

- **Implicació de les energies sostenibles.**

El gran contrasentit lligat a les operacions sostenibles en pista, és la procedència de la font d'energia que s'utilitza. És totalment incoherent que s'inverteixen milers de milions d'euros en substituir totes les eines de treball que generen un gran nombre d'emissions degut a l'ús d'hidrocarburs i que es continuï contaminant a través de la font d'energia que abasteix la maquinària elèctrica. Les centrals elèctriques, tèrmiques o nuclears, ofereixen un gran rendiment, però si el que es pretén és canviar la mentalitat i contribuir al progrés de la societat i la conservació del medi, no es pot seguir utilitzant aquestes fonts d'energia per al subministrament elèctric.

Per tant, una de les qüestions més notables que marcaran el progrés de les infraestructures aeroportuàries sostenibles és la procedència de l'energia elèctrica. Tot i que les inversions de capital seran molt elevades per a posar solució a aquest problema, la creació de centrals elèctriques basades amb energies renovables, és un punt vital si pretenem eliminar les emissions nocives generades per les operacions de pista. Com hem pogut observar en el cinquè capítol, la diferència entre la maquinària convencional i la elèctrica en termes d'emissions de diòxid de carboni és força considerable, no obstant, si tenim la possibilitat de eliminar-les completament per què no ho fem? Personalment, creiem que aquest és un dels punts més importants i en canvi, un dels que trigarà més a fer-se realitat degut a la gran quantitat d'interessos polítics i econòmics que hi ha vinculats a aquesta qüestió.

- **Integració amb el concepte de *Smart city's*.**

Un altre aspecte molt interessant que cal tenir en compte és la vinculació dels aeroports amb un concepte emergent com és el de les *smart city's*. Aquest terme, que molts cops es pot traduir per ciutat eficient, defineix a aquelles metròpolis desenvolupades de forma sostenible que són capaces de dur a terme una gestió prudent y reflexiva dels recursos naturals. Basant-nos en el fet de que la infraestructura aeroportuària és un dels elements més importants de les grans aglomeracions urbanes actuals, creiem que el concepte de ciutat intel·ligent anirà completament lligat a totes les activitats que es realitzen dins del aeroport. Tot i que estem parlant en clau de futur, actualment podem trobar alguns aeroports que es gestionen com una *smart city* independentment de la ciutat. Diem independentment, degut a que els aeroports es poden considerar petites ciutats i per tant poden implementar sistemes de gestió centralitzada i infraestructures completament integrades al ecosistema, amb un consum d'energia molt més baix. No obstant, el repte per als pròxims anys es basa en integrar ciutats i aeroports de forma sostenible sota el terme de ciutats intel·ligents.

- **Projectes actuals d'*eco-friendly airport*.**

Finalment, volem mostrar alguns exemples d'entitats aeroportuàries d'arreu del món que estan duent a terme projectes de creació d'aeroports sostenibles. Aquestes infraestructures de transport, conegudes sota el concepte de *eco-friendly airport*, estan relacionades directament amb el terme en el que es centra aquest projecte, expandint-lo a un àmbit més global del sector. A continuació, coneixerem els projectes més destacats:

- A Europa, cada cop més és comú veure aeroports que adopten aquest tipus de mentalitat sostenible. Però, s'acostumen a concentrar per països, com és el cas del Regne Unit, on hi ha un gran nombre d'aeroports que estan elaborant o executant projectes d'*eco-friendly airport*. En altres països, podem destacar l'aeroport de Zurich a Suïssa, ja que és un aeroport pioner en aquest tema, que esta invertint molts d'esforços per a convertir-se en un dels aeroports més sostenibles del món.
- Als EEUU, és on trobem els aeroports que estan assolint el nivell de sostenibilitat més elevat. Gràcies a programes basats en el reciclatge, l'ús d'energies alternatives o operacions sostenibles, els aeroports de Boston, Denver i Seattle encapçalen el rànking mundial de *green airports*.
- Pel que fa al continent asiàtic, al Japó és on s'estan desenvolupant més projectes d'aeroport sostenibles, segurament degut als grans problemes que té el país en temes de contaminació degut a la superpoblació. Un dels més importants és la terminal *environment-friendly* inaugurada recentment al aeroport Internacional Kansai, a Osaka.
- A l'Orient mitjà, tot i ser una de les zones amb més recursos del planeta, no hi ha molts de projectes d'aquest caire que s'estiguin executant. Destaquen el de la ciutat saudita de Medina o la terminal "green" del aeroport d'Abu Dhabi. No obstant, fer un aeroport en mig del desert i d'aquestes dimensions, és un malbaratament enorme de recursos naturals, i per molt que s'intenti gestionar sota un concepte de sostenibilitat.

7. Desenvolupament teòric d'una eina de suport per a les activitats dels operadors de *ground handling*.

Amb l'objectiu de desenvolupar una secció pràctica dins del projecte, hem creat aquesta secció amb l'objectiu d'explicar els fonaments d'una eina de software lligada directament al concepte de *environment friendly ground handling* i capaç de donar suport a les operacions diàries dels operadors.

Quan ens vam plantejar en quin aspecte ens volíem centrar de totes les externalitats de les quals en hem parlat al llarg del treball, la resposta va ser clara: les emissions de les unitats APU de les aeronaus. Vam decidir, que basaríem la finalitat de l'eina en intentar mitigar la contaminació d'aquest components mecànics, ja que és l'element que representa el volum d'emissions més elevat i a més, no hi ha una solució completament alternativa, ja que totes les aeronaus de nova fabricació continuen incorporant-lo amb les mateixes prestacions. Al escollir aquesta externalitat de les operacions en pista, teníem un ampli ventall de restriccions amb les que podíem treballar, fet que no ens ho hagués permès la resta d'eines, com per exemple els *de-icing fluids*, que al igual que els vehicles GSE, no presenten cap tipus de condicionant operatiu.

Un cop feta aquesta breu introducció del que podrem veure en aquest capítol, és el moment de començar a mostrar els fonaments teòrics d'aquest software que pretenem que aportí un valor pràctic al projecte, lligat directament amb el que hem estat parlant fins al moment.

En primer lloc, hem de deixar clar que aquesta eina de treball té dues funcions principals força diferenciades, que treballen de forma paral·lela. Aquests àmbits d'acció que estan completament lligats, tenen com a finalitat donar un servei als operadors del sector que pel moment no els ofereix cap altre software. A continuació, mostrem quines són aquestes dues funcions principals:

1. Elaborar una metodologia capaç d'optimitzar els recursos dels que disposen els operadors de pista tenint en compte les restriccions dels sistemes APU de les aeronaus i la disponibilitat d'aquests recursos, escollint sempre l'opció mediambientalment més eficient, amb l'objectiu de minimitzar el volum d' emissions generades a les pistes per operacions mal coordinades.
2. Proporcionar un software a les companyies del sector que els hi possibiliti la quantificació de la contaminació que estan generant mitjançant la monitorització a temps real del volum complet d'emissions derivades de la maquinària d'energia auxiliar (FEGP, GPU) i dels components de subministrament d'aire condicionat (PCA). A més a més, en també és possible estimar el volum de gasos nocius despresos del funcionament dels APUs.

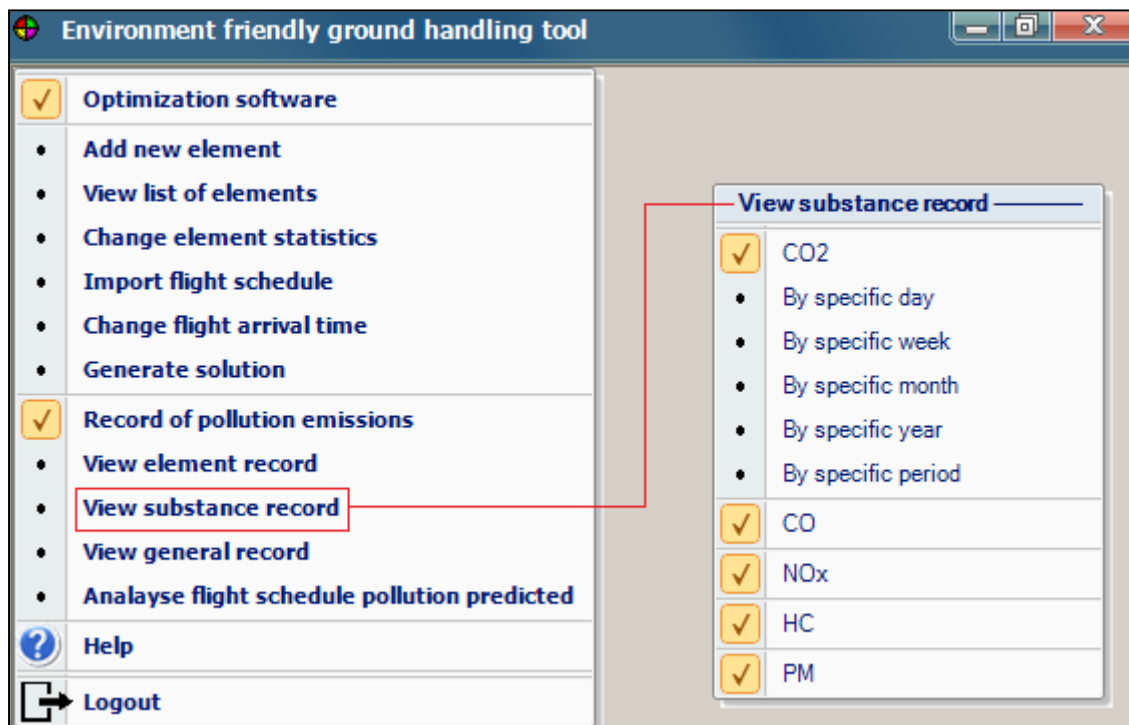


Figura 7.1 Interfície d'usuari del menú principal del software.

En la figura que hem vist a la pàgina anterior, hem intentat plasmar el que volem que sigui la interfície entre l'usuari i el software. En aquest cas, es mostra el menú principal, on el que es pot observar clarament la divisió entre els dos enfocaments del programa. Tot i que tan sols estem plantejant els fonaments de l'aplicació, hem volgut pensar en tots els detalls funcionals que poden donar servei als operadors que decideixin adoptar aquest programa en les seves operacions diàries.

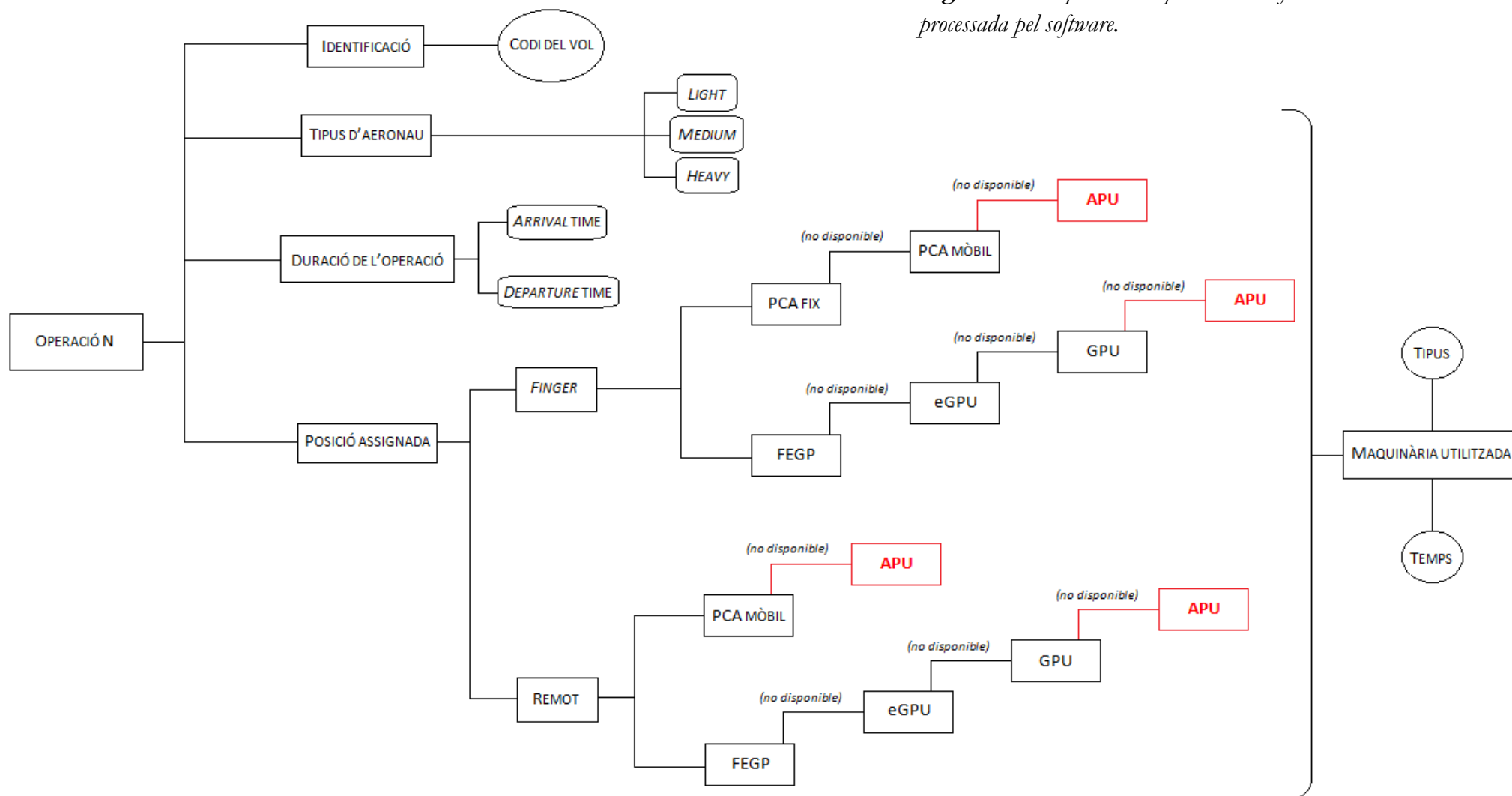
Un cop tenim clares les bases funcionals de l'eina de suport i les metes que es persegueixen, és hora d'aprofundir en cada una d'elles, per tal de tenir una visió molt més extensa del que pot significar la introducció d'un software així dins del sector. Com és lògic, començarem per desenvolupar la primera funció i comprendre quin és el funcionament de l'eina per a dur a terme la d'optimització dels recursos.

- El primer pas de qualsevol operador que decideix adoptar aquest software, és introduir l'inventari de la maquinària del la qual disposa, així com les dades de les prestacions de la infraestructura aeroportuària. Tot seguit, mostrem un exemple per a poder tenir una visualització més clara.

Operador <i>ground handling</i> X	Aeroport Y
7 GPU _s	10 Fingers (5 amb instal·lació PCA)
2 eGPU _s	4 FEGP
5 PCAs mòbils	

Mitjançant les dades que introduïm al programa, és valora en cada cas quina és la distribució més eficient dels recursos que minimitza la contaminació derivada de l'activitat de l'operador. No obstant, aquestes són les dades bàsiques amb les quals es treballa, per tal de poder analitzar cada operació correctament, és necessari incorporar les dades concretes relatives a cada operació que gestiona la companyia. En el següent diagrama intentem reproduir el procés informatiu amb el que treballa el software per a cada una de les aeronaus assignades durant el dia:

Figura 7.2 Esquema conceptual de la informació processada pel software.



Com podem veure en l'esquema anterior, cada una de les operacions gestionades per les companyies de *ground handling*, requereixen unes dades específiques per a ser introduïdes al programa amb l'objectiu de solucionar el problema d'optimització. En primer lloc, cada vol té un codi d'identificació que hem d'introduir per a diferenciar inequívocament cada una de les aeronaus que ens arriben a les pistes. Per una altra banda, hem de determinar el tipus d'aeronau que li correspon, ja que cada un va lligat a una sèrie de restriccions:

Light	Medium	Hight
<ul style="list-style-type: none"> • Són compatibles amb la maquinària eGPU. • Mínima prioritat d'assignació de recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Potència insuficient dels eGPU per a subministrar-los energia. • Tenen prioritat d'assignació de recursos respecte als light. 	<ul style="list-style-type: none"> • Potència insuficient dels eGPU per a subministrar-los energia. • Tenen la màxima prioritat per davant de qualsevol tipus d'aeronau inferior.

Un cop especificat el codi de vol i el tipus d'aeronau, és necessari proporcionar al software les dades relatives a la duració de l'operació. Introduïm l'hora fixada per a l'arribada i una estimació de l'hora de sortida tenint en compte la programació de l'aeronau. Lògicament, tota aquest informació és proporcionada prèviament per les aerolínies als operadors de pista. No obstant, per tal de dur a terme una optimització rigorosa, el software permet introduir canvis en les hores d'arribada i sortida si és que es produeixen variacions temporals en aquestes. L'ACD-M, eina de la qual se n'ha parlat en capítols anteriors, permet la comunicació directa entre l'aerolínia i l'operador, per tal de poder introduir les modificacions necessàries en tot moment.

Quan ja hem introduït les dades corresponent a una franja horària determinada, el software calcula quina és la combinació dels recursos més eficient que permet reduir al mínim les emissions. L'objectiu principal que es persegueix, és minimitzar el temps del funcionament de les unitats APUs i prioritzar el suport a les aeronaus *heavy*, deixant les *light / medium* sense maquinària auxiliar. La informació final que obtindrem és el tipus de maquinària que hem de fer servir i el temps.

Cal destacar que el programa treballa fent comparacions de l'opció més eficient comparant els kg de CO₂ emesos en cada una de les combinacions possible d'aeronaus i localitzacions que l'operador té disponible. És tenen en compte únicament els CO₂ perquè és la substància comú en tots els components que ens permet fer totes les comparacions.

Hem de tenir en compte que molts aeroports també incorporen una sèrie de restriccions pròpies per a l'ús dels mecanisme APU durant l'estada dels avions a les pistes. Aquestes limitacions, impulsades pels organismes i els gestors aeroportuaris, regulen el temps d'ús d'aquest components per tal de minimitzar les emissions. Ja que tots els aeroports no presenten les mateixes normes en aquest àmbit, hem considerat les regulacions creades per Aena destinades a millorar la qualitat del aire de les seves infraestructures. Les normatives d'ús d'Aena que també hem incorporat al software són les següent:

- **Posicions de contacte amb la terminal** → L'ús de les unitats d'energia auxiliar de l'avió estan prohibides en aquestes posicions dins del període comprès entre dos minuts després de l'arribada i 5 minuts abans de la retirada de les falques.
- **Posicions en remot** → Queda prohibit l'ús de l'APU, excepte 10 minuts després de l'arribada i en els 10 minuts anteriors a la sortida; excepte els avions de fuselatge ampli, als quals se'ls permetrà utilitzar-lo 50 minuts abans de la sortida i 15 minuts després de l'arribada.

No obstant, dins d'aquesta regulació, trobem una sèrie de restriccions en les quals està autoritzat l'ús de les unitats APU de les aeronaus fora de les limitacions temporals marcades per l'entitat reguladora espanyola:

1. Els sistemes fixos de 400Hz (FEGP), al igual que la maquinaria PCA hauran de ser utilitzats sempre que estiguin disponibles.
2. En el cas de no estar disponibles aquests, s'utilitzarà les unitats de GPU convencionals.

3. Si en el moment de l'operació no hi ha cap de les unitats mencionades disponibles, és concedirà l'autorització per a utilitzar el sistema d'energia auxiliar fora de les restriccions temporals.

*(*Informació extreta de l'AIP de l'aeroport del Prat)*

Ara que ja tenim més clar el funcionament de una de les funcions principals del software, tot i que podrem veure un exemple pràctic més endavant, és moment de donar a conèixer com treballa l'altra funció principal paral·lela a aquesta.

A diferència de la que hem explicat en les pàgines anteriors, la segona funció és passiva respecte a la lluita contra la reducció de les emissions, ja que com ja hem dit, es centra en quantificar el volum d'emissions derivades de les activitats a les pistes de la maquinària d'energia auxiliar i els components de subministrament d'aire condicionat. Per a dur a terme aquesta tasca, és realitzarà una monitorització contínua i a temps real del gasos nocius generats. L'objectiu de les companyies que utilitzaran aquesta aplicació, serà el de emmagatzemar tota la informació vinculada a la contaminació de les seves operacions per tal d'analitzar-la posteriorment i comprendre quins són els punts negres que cal millorar. Gràcies a l'estudi de forma periòdica d'aquestes dades, els operadors sabran si necessiten més recursos en certs punts de l'activitat diària.

Un aspecte que cal tenir en compte, és que aquesta funcionalitat del software no és capaç de fer una mesura real de la contaminació, ja que és requereixen eines molt costoses. El que es computa, és una estimació molt aproximada del volum d'emissions tenint en compte les característiques dels components i el temps d'ús. El mètode que es duu a terme, no està basat en cap fórmula complexa que mesuri en cada moment quin és el volum d'emissions nocives, sinó que l'estimació es realitza mitjançant el temps de funcionament de la maquinària. En el primer pas de la posta en funcionament del software de suport, els operadors han d'agregar tota la maquinària que intervé en les seves operacions, i és aquí on s'introdueixen les estadístiques de contaminació de cada element. A més a més, també hem de fer saber al programa els nivells de pol·lució aproximats de les APU's dels avions amb els que treballa. Durant l'execució del programa, podem conèixer el que estem

contaminant gràcies a aquestes dades, que són presentades de forma proporcional al temps de funcionament de cada component, informació que obtenim de la primera funció del programa (veure figura 7.1). D'altra banda, també podem consultar l'historial de consum i els beneficis mediambientals que hem obtingut en un determinat període.

- **Exemple de la metodologia de treball del software:**

Per tal de fer més comprensible el que pretenem explicar, a continuació podrem veure un ampli exemple de com treballa l'aplicació i la utilitat que pot representar per als operadors en el seu dia a dia. Aquest exemple, ens permetrà veure la dinàmica de treball des de les dues funcionalitats que hem explicat anteriorment. Amb l'objectiu de fer-nos una idea més sòlida de l'execució d'aquest programa de suport, hem elaborat les interfícies d'usuari amb les que els operadors es relacionen, mitjançant el programa *GUI Desing Studio*.

En l'exemple que veurem a continuació, hem considerat un operador que té al seu abast una sèrie de localitzacions assignades per a realitzar les seves operacions. En total, aquesta companyia de *ground handling* en la que hem basat l'exemple, pot efectuar les seves operacions de suport a les aeronaus en tres localitzacions:

- *Finger* nº3 del aeroport (apte per a avions *medium* i *heavy*) amb una instal·lació fixa PCA i un equip FEGP.
- Posició de remot 1 (equipat amb un FEGP)
- Posició de remot 2 (cap tipus d'equipament instal·lat)

A més a més, l'operador té un equipament auxiliar propi format per la següent maquinària mòbil:

- 2 sistemes GPU amb motor dièsel.
- 1 sistema GPU amb motor elèctric (té capacitat per a donar servei als avions *light* únicament).
- 1 sistema PCA amb motor dièsel.
- 1 sistema PCA amb motor elèctric.

Un altre aspecte molt important necessari per al funcionament de l'aplicació, són les dades dels nivells de contaminació que hem considerat per a cada un dels components. En la següent taula, podem veure l'estimació en g dels volums de les substàncies nocives emeses per cada un dels components segons el tipus d'aeronau al que li esta donant suport:

		VOLUM D'EMISSIONS DE LES SUBSTÀNCIES NOCIVES (g)				
EINA	AERONAU	CO ₂ (kg)	CO	HC	NO _x	PM
APU	<i>Heavy</i>	11.14	2.8	2.14	32	0.54
	<i>Medium</i>	4.95	1.23	0.94	14.08	0.23
	<i>Light</i>	2.8	0.7	0.53	8.75	0.13
FEGP		0.57	-	-	-	-
GPU	<i>Heavy</i>	5.01	0.05	0.13	1.67	0.09
	<i>Medium</i>	3.66	0.036	0.09	1.21	0.06
	<i>Light</i>	1.95	0.02	0.06	0.94	0.04
eGPU	<i>Light</i>	1.2	-	-	-	-
PCA (fix)	<i>Heavy</i>	1.44	-	-	-	-
	<i>Medium</i>	0.98	-	-	-	-
ePCA	<i>Heavy</i>	2.84	-	-	-	-
	<i>Medium</i>	1.7	-	-	-	-
	<i>Light</i>	0.9	-	-	-	-
PCA	<i>Heavy</i>	10.22	0.11	0.23	3.14	0.18
	<i>Medium</i>	4.25	0.06	0.17	1.92	0.11
	<i>Light</i>	1.75	0.04	0.13	1.01	0.07

Taula 7.1 Dades relatives a les emissions nocives per al exemple pràctic del funcionament del software.

Ara que ja coneixem totes les dades que necessitem per fer funcionar aquest software, és el moment de situar-nos dins del programa i comprendre de primera mà la metodologia de funcionament i els beneficis que pot aportar als usuaris que decideixen utilitzar-lo.

El primer pas que ha de realitzar l'usuari, és el d'introduir tota la informació relativa a la maquinària que intervé en els seus processos de *ground handling*. Com podem veure en les figures que tenim a sota, el programa demana una sèrie de característiques que utilitzarà posteriorment com a dades per a trobar sempre la solució més eficient mediambientalment.

Element type	GPU		
Serial number	ABCD123456789		
Engine type	Jet fuel		
Performance	120Kva - 400Hz		
Emissions data			
Heavy	CO2	5.01	kg/min
	CO	0.05	g/min
	HC	0.13	g/min
	NOx	1.67	g/min
	PM	0.09	g/min

Figura 7.3 Interfície d'usuari per a afegir un nou element de la maquinària.

```

graph TD
    Root[Ground handling operator] --> GPU[GPU]
    Root --> eGPU[eGPU]
    Root --> PCA[PCA]
    Root --> Airport[Airport International City]
    GPU --> GPU1[ABCD123456789]
    GPU --> GPU2[DCBA987654321]
    eGPU --> eGPU1[STG4500]
    PCA --> PCA1[PCA0001 Diesel]
    PCA --> PCA2[PCA 0002 Electric]
    Airport --> Finger[Finger 3]
    Airport --> Remote[Remote 1]
    Airport --> Remote2[Remote 2]
    Finger --> Finger1[FEGP 0001]
    Finger --> Finger2[PCA 3]
    Remote --> Remote1[FEGP 0002]
  
```

Figura 7.4 Interfície d'usuari per a consultar la llista de la maquinària.

Un cop el software coneix quin són els recursos disponibles que marquen els paràmetres del problema d'optimització, hem de conèixer les dades corresponents al *planning* operacional que la companyia té estipulat durant el dia. Les dades dels horaris de serveis programats durant el dia dels seus clients, són les dades que el programa gestionarà per a treure'n la combinació de recursos optimitzada mediambientalment. Aquesta informació, és coneix amb una determinada antelació per tal de poder preparar bé les operacions que s'han d'efectuar. A continuació, mostrem la programació inicial subministrada pels clients al operador:

Flight	Type	Location	Schedule	
			Arrival at location	Departure
FLG0001	M	Finger	0640	0715
FLG0002	M	Finger	0755	0840
FLG0003	M	Remote 1	0830	0930
FLG0004	M	Finger	0920	1005
FLG0005	M	Remote 2	0925	1015
FLG0006	L	Remote 1	1100	1135
FLG0007	M	Remote 1	1150	1245
FLG0008	M	Finger	1225	1315
FLG0009	M	Remote 2	1230	1325
FLG0010	H	Finger	1325	1410
FLG0011	L	Remote 1	1420	1500
FLG0012	L	Remote 2	1430	1515
FLG0013	H	Finger	1605	1700
FLG0014	M	Remote 1	1655	1800
FLG0015	L	Remote 2	1745	1835
FLG0016	M	Finger	1840	1940
FLG0017	H	Remote 1	1920	2005
FLG0018	M	Finger	1950	2040
FLG0019	H	Finger	2100	2150
FLG0020	M	Finger	2230	2320

Taula 7.2
*Programació de les
operacions del dia
de la companyia de
handling.*

Com podem observar, la programació de vols diaris als quals la companyia de *ground handling* ha de donar suport, consta de 20 operacions efectuades entre les 6:00 i les 0:00. La informació que requereix el software per a realitzar el procés d'optimització, que hem pogut veure anteriorment a l'esquema 7.1, és la que ens proporciona cada una de les columnes de la taula anterior. A partir d'aquí, l'aplicació treu la

localització correcta on s'ha d'executar cada operació, les eines que s'han d'utilitzar i el temps de funcionament de cada component.

Com ja hem comentat abans, el sistema compara les emissions nocives que és desprenen en cada una de les possibilitats que hi ha, tenint en compte la programació dels vols i les eines que té l'operador. Seguint l'exemple de la taula que hem vist a la pàgina anterior, els canvis que el software proposa són els següents:

1.- El vol FLG0004 ha de passar a la posició *Remote 2* i el vol FLG0005 ha de passar a realitzar la seva escala al *finger*.

- Justificació: L'aeronau del vol FLG0003 està ocupant la posició de remot equipada amb FEGP, per tant una aeronau ha d'anar al *finger* i l'altra al remot sense FEGP. Per comprovar que l'opció predeterminada és la més correcta, fem una comparativa de quina operació resulta més perjudicial deixar-la amb el suport del GPU i el PCA.

FLG0004 45 min amb GPU i PCA (elèctric) → $45 \cdot 3.66 + 45 \cdot 1.7 = 241 \text{kg de CO}_2$

FLG0005 50 min amb GPU i PCA (elèctric) → $50 \cdot 3.66 + 50 \cdot 1.7 = 268 \text{kg de CO}_2$

És menys perjudicial deixar el vol FLG0004 en la posició de *remote 2*, ja que l'aeronau del vol FLG0005 consumiria 27kg de CO₂ més en cas de no canviar-ho.

2.- Quan el software compara individualment el vol FLG0008 i el FLG0009 proposa intercanviar les localitzacions, en canvi quan ho compara amb els següents vols elimina la proposta.

- Justificació: El programa considera eficient passar l'aeronau del vol FLG0009 al *finger*, degut a que és produeix un cas molt semblant al anterior. Però quan veu que està afectant a una aeronau *large* i que l'opció més eficient és deixar la programació determinada, no efectua la proposta de canvi.

FLG0008 50 min amb GPU i PCA (elèctric) → $50 \cdot 3.66 + 50 \cdot 1.7 = 268 \text{kg de CO}_2$

FLG0009 55 min amb GPU i PCA (elèctric) → $55 \cdot 3.66 + 55 \cdot 1.7 = 294.8 \text{kg de CO}_2$

Reduiríem les emissions de diòxid de carboni gairebé 27 kg, no obstant deixariem l'aeronau *heavy* del vol FLG0010 fora del *finger* assignat de forma predeterminada i per tant, hauria de passa al *remote 1* i no seria una opció eficient dur a terme el canvi de posicions.

Quan seguim amb la programació predeterminada:

FLG0008 50 min <i>finger</i> → $50 \cdot 0.98 + 50 \cdot 0.57 = 77.5\text{kg}$	}	453kg de CO ₂
FLG0009 55 min <i>remote 2</i> → $55 \cdot 3.66 + 55 \cdot 1.7 = 294.8\text{kg}$		
FLG0010 40 min <i>finger</i> → $40 \cdot 1.44 + 40 \cdot 0.57 = 80.4\text{kg}$		

Si efectuem el canvi de posicions dels vols FLG0008 i FLG0009:

FLG0008 50 min <i>remote 2</i> → $50 \cdot 3.66 + 50 \cdot 1.7 = 268\text{kg}$	}	490kg (+37kg)
FLG0009 55 min <i>finger</i> → $55 \cdot 0.98 + 55 \cdot 0.57 = 85.25\text{kg}$		
FLG0010 40 min <i>remote 1</i> → $2.84 \cdot 40 + 0.57 \cdot 40 = 136.4\text{kg}$		

3.- El vol FLG0011 ha de passar a la posició *Remote 2* i el vol FLG0012 ha de passar a la posició *Remote 1*.

- Justificació: És molt més eficient intercanviar les posicions de les aeronaus relacionades amb aquests vols, degut al temps que s'utilitza cada equip de GSE.

Si seguim la programació estipulada de forma predeterminada:

FLG0011 40min FEGP i PCA(elèctric) → $40 \cdot 0.9 + 40 \cdot 0.57 = 58.8\text{kg}$	}	191.55kg
FLG0012 45min eGPU i PCA(dièsel) → $45 \cdot 1.75 + 45 \cdot 1.2 = 132.75\text{kg}$		

Efectuant el canvi que el software ha proposat:

FLG0011 40min eGPU i PCA(dièsel) → $40 \cdot 1.75 + 40 \cdot 1.2 = 118\text{kg}$	}	184.15kg (-7.4kg)
FLG0012 45min FEGP i PCA(elèctric) → $45 \cdot 0.9 + 45 \cdot 0.57 = 66.15\text{kg}$		

Encara que la diferència sigui mínima, l'aplicació proposa el canvi de localització, ja que hem de tenir en compte que s'executen centenars de milers d'operacions durant l'any i l'estalvi d'emissions final pot ser enorme.

4.- El vol FLG0017, tot i que és realitzat per una aeronau *large*, no es modifica la seva ubicació per tal de donar-li preferència.

- Justificació: Els avions més grans no sempre tenen màxima prioritat sobre la pràctica, ja que en aquest cas, si assignéssim la posició del *finger* a aquest vol, perjudicariem als vols FLG0016 i FLG0018.

La programació establerta presenta la següent estructura:

FLG 0016 (<i>Finger</i>) $\rightarrow 0.57*60+0.98*60=93$	}	323.95kg de CO ₂
FLG 0017 (<i>Remote 1</i>) $\rightarrow 0.57*45+2.84*45=153.45$		
FLG 0018 (<i>Finger</i>) $\rightarrow 0.57*50+0.98*50=77.5$		

En el cas d'optar per modificar la programació establerta:

FLG 0016 (<i>Remote 1</i>) $\rightarrow 0.57*60+1.7*60=136.2$	}	340.15kg (+16.2kg)
FLG 0017 (<i>Finger</i>) $\rightarrow 0.57*45+1.44*45=90.45$		
FLG 0018 (<i>Remote 1</i>) $\rightarrow 0.57*50+1.7*50=113.5$		

Per comprendre millor com rep la informació l'usuari de l'aplicació de suport, a continuació podem veure com es representen a la interfície del programa. En la primera figura s'observa la solució general, és a dir, la programació de les operacions amb els canvis introduïts. Pel que fa a la segona, mostrem la interfície que presenta el programa quan volem veure cada canvi que ha fet el software amb més detall:

Flight	Type	Location	Arrival at location	Departure
FLG0001	M	Finger	0640	0715
FLG0002	M	Finger	0755	0840
FLG0003	M	Remote 1	0830	0930
FLG0004	M	Remote 2	0920	1005
FLG0005	M	Finger	0925	1015
FLG0006	L	Remote 1	1100	1135
FLG0007	M	Remote 1	1150	1245
FLG0008	M	Finger	1225	1315
FLG0009	M	Remote 2	1230	1325
FLG0010	H	Finger	1325	1410
FLG0011	L	Remote 2	1420	1500
FLG0012	L	Remote 1	1430	1515
FLG0013	H	Finger	1605	1700
FLG0014	M	Remote 1	1655	1800
FLG0015	L	Remote 2	1745	1835
FLG0016	M	Finger	1840	1940
FLG0017	H	Remote 1	1920	2005
FLG0018	M	Finger	1950	2040

Figura 7.5 Interfície d'usuari de la programació de les operacions ja optimitzada.

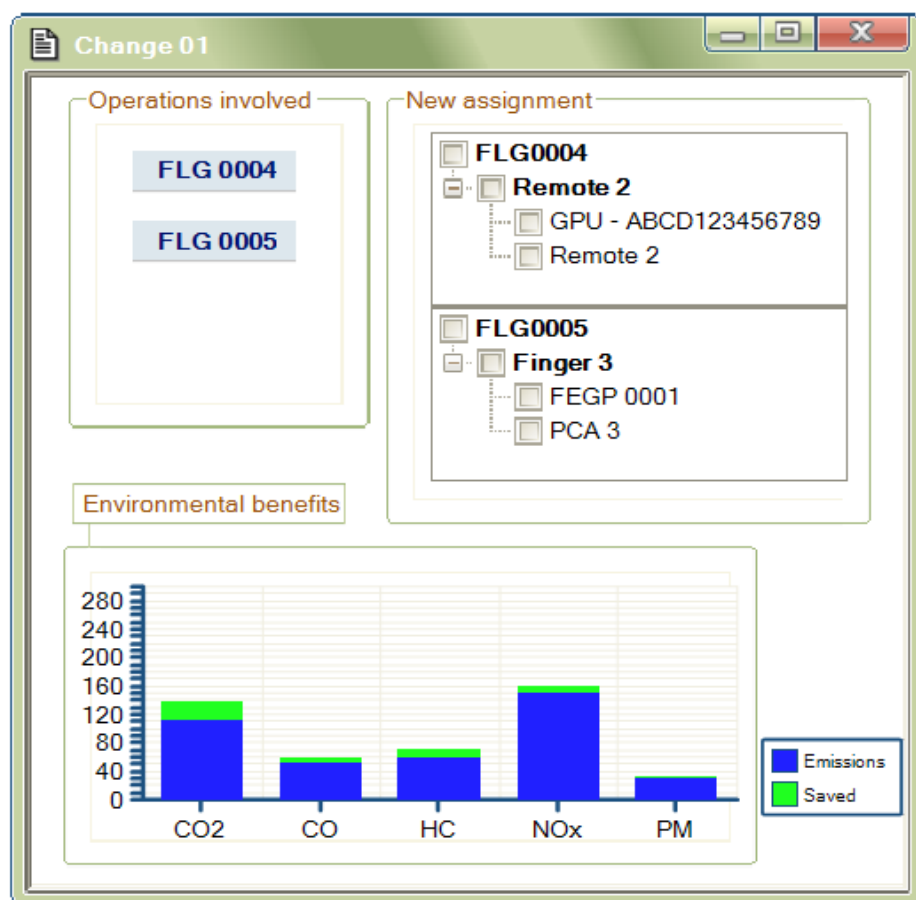


Figura 7.6 Interfície d'usuari del detall de cada canvi efectuat.

Fins ara, l'exemple que hem vist és basa en l'aplicació del funcionament de l'eina el dia abans de l'execució de la programació dels vols. No obstant, una de les característiques més interessants d'aquest software, és que ens permet realitzar canvis en la programació dels recursos durant el dia, és a dir, podem modificar els horaris dels vols que el programa està gestionant, per tal d'obtenir noves solucions a temps real. Per tal de explicar millor aquesta funcionalitat, introduïrem modificacions a l'exemple anterior.

A les 12:10, l'operador de pista rep un avís de que el vol FLG0008 té previst arribar al aeroport 20min més tard del que estava previst. Quan introduïm aquesta modificació temporal el software treballa per a obtenir una nova solució òptima en l'ús dels recursos i la minimització de la pol·lució. En aquest cas, la solució és la següent:

FLG0008(12:45-13:35) → *Remote 1 amb PCA dièsel* = $50 \cdot 4.25 + 50 \cdot 0.57 = 149.62\text{kg}$

FLG0009(12:30-13:25) → *Remote 2 amb PCA elèctric* = $55 \cdot 1.7 + 55 \cdot 3.66 = 201.3\text{kg}$

FLG0010(13:25-14:10) → *Finger* = $40 \cdot 1.44 + 40 \cdot 0.57 = 80.4\text{kg}$

*Observem que seria més eficient assignar la posició de remote 1 al vol FLG0009, no obstant hem de tenir en compte que aquesta posició està ocupada pel vol FLG0007 fins a les 12:45.

Si no realitzéssim el canvi, estaríem generant més contaminació:

FLG0008(12:45-13:35) → *Finger* = $50 \cdot 0.98 + 50 \cdot 0.57 = 77.5\text{kg}$

FLG0009(12:30-13:25) → *Remote 2 amb PCA dièsel* = $55 \cdot 3.66 + 55 \cdot 4.25 = 294.8\text{kg}$

FLG0010(13:25-14:10) → *Remote 1 amb PCA elèctric* = $45 \cdot 0.57 + 45 \cdot 2.84 = 200.64\text{kg}$

Quan introduïm les dades del retard del vol amb el codi FLG0008 al software, aquest ens proporciona una solució òptima en qüestió de segons que permet a l'operador reduir 141.6kg d'emissions de diòxid de carboni. En les següents figures, podem observar la interfície que presenta l'aplicació quan l'usuari executa aquesta funció:

En les pàgines anteriors, tan sols s'ha parlat de la funció del programa que intervé de forma activa en la lluita contra la contaminació aeroportuària. Però, com també hem comentat anteriorment, aquest software té una actuació en un àmbit passiu, centrat en mesurar les estadístiques de les emissions nocives generades per les activitats de suport a les aeronaus en pista. Aquesta opció de l'aplicació, permet a l'operador consultar la pol·lució generada per cada un dels seus components dins d'un període de temps concret. Tot seguit, mostrarem algunes de les interfícies d'usuari que podem trobar dins d'aquesta funcionalitat:

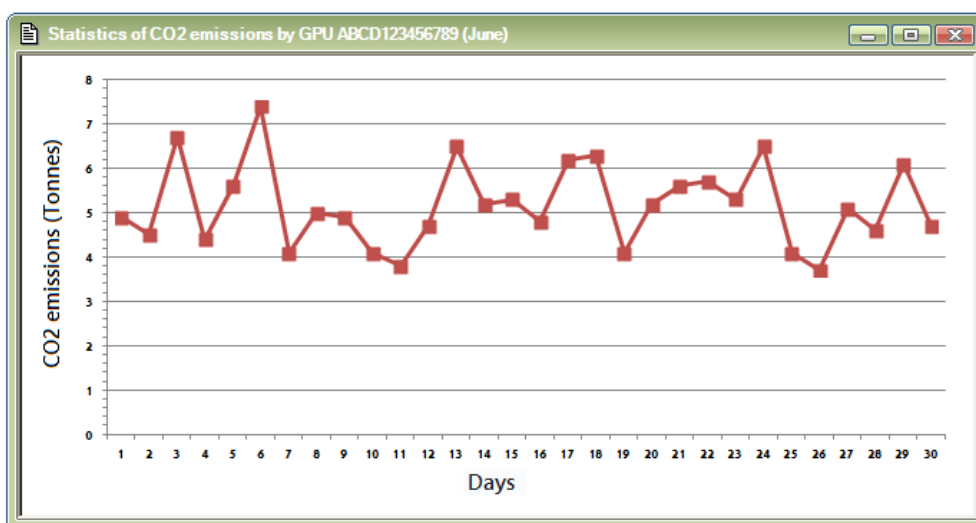


Figura 7.7 Interfície d'usuari on es mostra l'estadística d'emissions del GPU amb número de sèrie ABDC123456789 al llarg del mes de Juny.

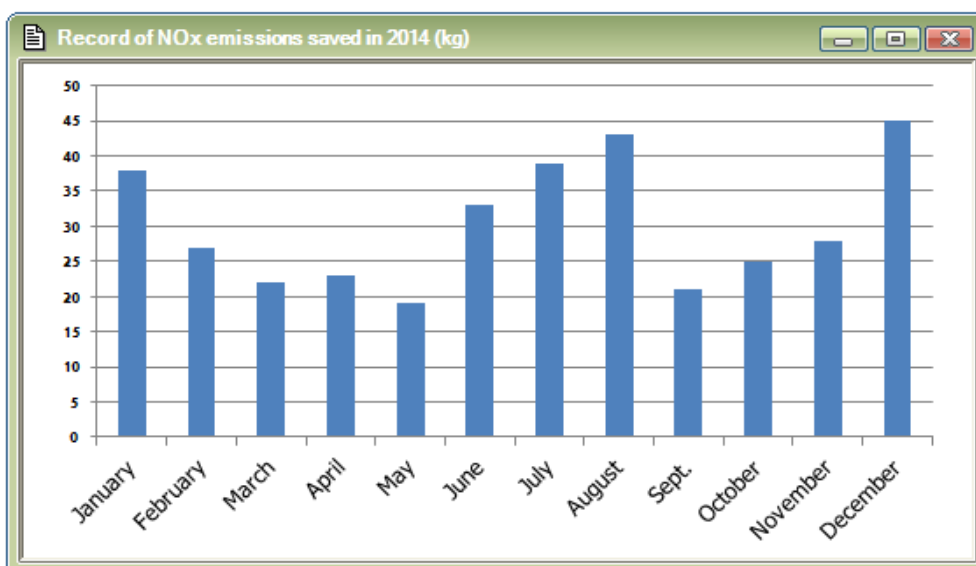


Figura 7.8 Interfície d'usuari on es mostra l'historial d'emissions totals de NO_x estalviades al llarg del mes de l'any 2014.

Veient de forma teòrica i superficial aquestes dues funcionalitats de l'aplicació, ja podem comprendre millor el potencial que tindria una eina així aplicada al dia a dia dels operadors de pista. No obstant, portar a la realitat aquest software no és gens fàcil, ja que hi han moltes més restriccions que no pas en aquest exemple que hem plantejat. Una de les barreres més importants, és el fet de canviar les assignacions de les aeronaus lliurement, ja que hauria d'existir un consens entre aerolínies, aeroports i operadors. El punt de vista òptim, estaria basat en l'execució de l'aplicació a nivell aeroportuari i no pas per part dels operadors. D'aquesta manera és coordinarien totes les operacions que es duen a terme a l'aeroport i no pas únicament els clients de la companyia de *ground handling*. Un altre aspecte important, és el de les reassignacions a temps real per a les operacions que arriben amb demora, si aquesta funcionalitat no està desenvolupada a la perfecció, pot donar lloc a colls d'ampolla a les pistes. Si en el futur s'aconsegueix crear un sistema de gestió comú a nivell global per a tots els *stakeholders* involucrats en les activitats de pista, podrem arribar a un mínim irreductible de les emissions nocives a les pistes.

8. Conclusions

Arribats al punt final, volem transmetre les conclusions que hem obtingut durant el transcurs d'aquests mesos en els que hem estat elaborant aquest projecte. No s'ha obtingut cap resultat específic degut a que no es tractava d'un experiment o una simulació, però, hem pogut comprendre molts aspectes del sector del *ground handling* i obtindre la nostra pròpia visió sobre la qüestió de la contaminació aeroportuària.

En primer lloc, cal destacar que és evident que s'està produint, de forma lenta, un canvi de consciència en el sector de l'aviació en general del que se'n deriven grans iniciatives per frenar la pol·lució i la contaminació acústica. No obstant, en l'àmbit aeroportuari, aquesta transgressió és realitza de forma encara més lenta, fet al que és deu sens dubte, a l'escassa imposició dels òrgans reguladors d'aquest sector.

D'altra banda, hem pogut veure el gran abast que té la maquinària de pista *environment friendly*, però tot i això moltes companyies renoven els seus components actualment i no opten pels que funcionen amb energia elèctrica degut a que es mostren escèptics davant dels beneficis que poden proporcionar aquestes eines, tant per a ells mateixos com per a la resta de persones. A més a més, cal destacar la importància que té la provenença d'aquesta energia elèctrica, ja que és una contradicció adoptar unes bones pràctiques sense l'ús d'energia neta, utilitzant models de producció que no generen electricitat de forma sostenible. Dins d'aquest tema, cal destacar la importància que tindran en el futur els *green airports* que hem vist en apartats anterior.

Abans d'acabar, expressarem les conclusions que hem obtingut després de l'elaboració conceptual de l'eina de software que hem vist anteriorment. Creiem que és un concepte molt interessant, però que a la pràctica està frenat per una multitud de barreres operacionals. Una possible ampliació del projecte, seria aconseguir plasmar aquesta idea en un codi que fos capaç de realitzar el problema d'optimització que es planteja en cada cas, i obtenir un software per a poder ser validat posteriorment i executat per un aeroport o un operador de *ground handling*, amb l'objectiu de veure si realment té un impacte ecològic dins del sector.

9. Referències bibliogràfiques

A. N. Sarkar (2012). Evolving Green Aviation Transport System: A Holistic Approach to Sustainable Green Market Development. EEUU.

ACI (2010). Airport and the environment. Londres, Regne Unit.

ACI (2014). Airport carbon accreditation annual report. Londres, Regne Unit.

AEA Group (2008). Evaluation of national plans submitted in 2006 under the National Emission Ceilings Directive 2001/81/EC. Londres, Regne Unit.

AENA (2010). Memoria de Responsabilidad Social Corporativa. Madrid, Espanya.

Aena Aeropuertos (2012). Información ambiental Aeropuerto de Barcelona-El Prat. Barcelona, Espanya.

Aena aeropuertos (2012). Proyecto aeropuerto verde. Madrid, Espanya.

Comissió Europea (2008). Directiva 2008/50/CE del parlamento europeu y del consejo de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. Brussel·les, Bèlgica.

Comissió Europea (2012). Directiva 2002/49/CE del parlamento europeu y del consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Brussel·les, Bèlgica.

Departures and Ground Operations Code of Practice Working Group (2012). Reducing the Environmental Impacts of Ground Operations and Departing Aircraft. Regne Unit.

Eurocontrol (2010). Airport CDM Guide. Brussel·les, Bèlgica.

European Comission (2010). Aeronautics and Air transportation – Beyond vision 2020 (towards 2050). Brussel·les, Bèlgica.

FAA (2012). ARPC Report 78 – Airport Ground Support Equipment (GSE): Emission Reduction Strategies, Inventory, and Tutorial. EEUU.

IATA (2012). IGHC Ground Handling Conference. Praga, República Txeca.

ICAO (2008). Anexo 16 al Convenio sobre aviación civil Internacional (volumen II). Tercera edició. Montreal, Canadà.

ICAO (2008). Evaluation of national plans submitted in 2006 under the National Emission Ceilings Directive 2001/81/EC. Montreal, Canadà.

ICAO (2011). Airport Air Quality manual. Primera edició. Montreal, Canadà.

ICAO (2013). Environmental report 2013. Montreal, Canadà.

Igor Štimac, Damir Vince, Bruna Jakšić (2012). Model of environment – Friendly aircraft handling – Case study: Zagreb Airport. Zagreb, Croàcia.

Unique (2013). Aircraft Ground Handling Emissions at Zurich Airport. Zurich, Suïssa.

Signatura de l'autor del projecte:



Annex 1. Mapa acústic de l'aeroport del Prat.

